
NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06274182 6

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

TOME LXVII.

IMPRIMERIE DE E.-J. BAILLY,
PLACE SORBONNE, N° 2.

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE,

PAR MM. GAY-LUSSAC ET ARAGO.

TOME SOIXANTE-SEPTIÈME.

PARIS,

CHEZ CROCHARD, LIBRAIRE,

RUE ET PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, N° 13.

1838.

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

Recherches chimiques sur la Végétation, entreprises dans le but d'examiner si les Plantes prennent de l'Azote à l'atmosphère;

Par M. Boussingault.

L'azote paraît être un élément constant des végétaux, et l'on est assez généralement porté à croire que les substances alimentaires, tirées du règne végétal, doivent une grande partie de leur faculté nutritive aux principes azotés qui s'y rencontrent.

M. Gay-Lussac a déjà constaté la présence de l'azote dans un très grand nombre de semences, et les analyses que j'ai faites pour doser cette matière dans plusieurs graines employées comme fourrages, ont établi qu'elle y entre souvent pour une proportion assez forte. La vesce, les lentilles, les pois, les féveroles, ont fourni 4 à 5

pour 100 d'azote ; la graine de trèfle, comme on le verra dans ce travail, en contient 7 pour 100. La présence de l'azote dans les différens organes des végétaux est due à certaines substances azotées qui s'y trouvent répandues, et qui ont, sous le rapport de leur composition, une grande analogie avec les matières d'origine animale; on peut citer pour exemple, le gluten et l'albumine.

Dans l'état actuel de nos connaissances sur les phénomènes chimiques de la végétation, nous savons qu'immédiatement après la germination, lorsque la plante est née de la graine, ses organes en agissant sur le gaz acide carbonique qui fait partie de l'atmosphère, peuvent sous certaines conditions de chaleur et de lumière, s'en assimiler le carbone. De plus, il a été reconnu que ces mêmes organes fixent en même temps les élémens de l'eau.

Ainsi, une graine soumise à l'action de l'air, de l'eau, de la lumière et d'une certaine température, germera, développera une plante qui, au moyen de ces seules ressources, pourra sinon acquérir un développement complet, s'en approcher beaucoup, fleurir par exemple et donner des indices non équivoques de fructification.

Durant le cours de cette végétation, la graine produira une plante qui pèsera beaucoup plus que ne pesait la semence employée, le tout étant ramené à un état constant de dessiccation. C'est une expérience qui a été faite par M. de Saussure, en faisant germer et végéter des fèves dans du sable siliceux arrosé avec de l'eau distillée.

En soumettant au même régime des graines de trèfle, j'ai obtenu un résultat semblable; 10 de semence, ont donné une récolte qui, desséchée, a pesé 26.

Par l'action bien connue que les feuilles exercent sur le gaz acide carbonique, on comprend comment une plante peut, à l'aide de l'humidité et des seuls élémens contenus dans l'atmosphère, s'accroître et augmenter de poids. En effet, les expériences à l'aide desquelles on a constaté cette action, ont démontré que la force vitale s'exerçait d'abord sur l'oxigène, pendant la germination, et ensuite sur le gaz acide carbonique, pendant la végétation proprement dite; mais rien dans les recherches de ce genre n'a prouvé d'une manière positive que l'azote de l'air fût sensiblement absorbé.

Il est vrai qu'à une époque déjà ancienne, Priestley, et après lui Ingenhoutz, crurent reconnaître une absorption manifeste d'azote pendant la végétation, mais ces expériences répétées depuis par de Saussure, avec des procédés eudiométriques plus précis, ont établi que cette fixation d'azote n'a point lieu; cet habile observateur crut même apercevoir une légère exhalation de ce gaz. Les résultats de Saussure sont confirmés par ceux plus récens de Digby, à cela près que ce dernier physiologiste a prouvé que les plantes n'exhalent pas d'azote.

Cependant la présence de l'azote dans les végétaux étant à l'abri de toute objection, et l'assimilation de ce principe pendant la végétation étant prouvée par le fait de la multiplication des semences, on dut nécessairement admettre que dans les expériences que j'ai rapportées, et dans lesquelles on a fait végéter des graines germées uniquement aux dépens de l'eau et de l'atmosphère, la végétation s'opérait sans le secours de l'azote. Cette opinion était comme fortifiée par la difficulté, je puis même dire par l'impossibilité de faire grainer une plante

ayant pour seuls alimens l'eau et l'air. On voyait effectivement, que dans ces conditions défavorables de culture, la graine qui est la partie la plus azotée d'un végétal, n'était pas reproduite. L'on fut dès lors conduit à supposer que l'azote originairement renfermé dans la semence, se trouvait réparti dans l'ensemble de la plante chétive et incomplète qui en était issue.

Dans la nature, l'accroissement d'une plante n'a pas lieu aux dépens seuls de l'eau et de l'atmosphère. Les racines qui fixent un végétal dans le sol, y puisent aussi une portion notable de sa nourriture; dans les conditions ordinaires, le développement d'une plante se fait par le concours simultané des alimens que les racines vont chercher dans la terre, et par celui des élémens gazeux que les feuilles enlèvent à l'air. Comme il est d'ailleurs reconnu que la nourriture fournie par le sol est azotée, on a, pour cette dernière raison, considéré les engrais comme la source principale, unique même, de l'azote qui se rencontre dans les végétaux. Les observations d'Hermbstœdt, en montrant que les céréales cultivées sous l'influence des engrais les plus azotés, sont celles qui contiennent le plus de gluten, donnent une certaine force à cette manière de voir; aussi Hermbstœdt a-t-il conclu de ses recherches que les plantes prennent dans les engrais la totalité de leur azote.

Néanmoins, il est des faits agricoles bien constatés, qui tendent à faire penser que dans plusieurs circonstances, les végétaux trouvent dans l'atmosphère une partie de l'azote qui concourt à leur organisation; mais pour bien saisir la valeur de ces faits, il convient de discuter d'une manière générale la nature de l'aliment

répandu dans le sol et qui est recueilli par les racines.

Aujourd'hui, la science agricole a fait justice de l'importance que l'on attribuait à la composition minéralogique des terrains. Les analyses déjà assez nombreuses des sols arables, n'ont rien appris qui puisse faire présumer une influence marquée des terres sur la végétation. Je pourrais citer d'immenses cultures de maïs dans un terrain presque entièrement formé de sable siliceux, qui reçoit toute sa fertilité de l'humidité et d'une quantité suffisante d'engrais. Les substances minérales qui ont une action non équivoque sur le développement de certaines plantes, sont très limitées; on peut désigner l'hydrate, le sulfate et le carbonate de chaux; peut-être faut-il y joindre quelques sels alcalins. Certains agriculteurs décrivent ces substances sous le nom de stimulans, en leur prêtant la propriété de stimuler la végétation, bien que dans la réalité nous n'ayons aucune idée sur la cause de leur action.

La question de la composition chimique des sols, a été introduite dans la science par Davy ; peut-être est-il juste de lui reprocher d'avoir par cela même fait négliger une question bien autrement importante, je veux parler de celle qui s'occupe des qualités physiques des terrains; telles que leur faculté d'imbibition, leur affinité pour l'eau, la propriété si variable de s'échauffer par les rayons solaires; enfin l'étude de l'ensemble des propriétés physiques, étude dont l'utilité a été si bien comprise par Schübler (1).

---

(1) Dans mon opinion, l'étude physique ou chimique des terrains offre des résultats plus curieux qu'applicables. En général, il faut

C'est en vain que pour montrer l'action chimique de certaines roches, on a cité les racines d'arbres séculaires, prospérant à une grande profondeur, au milieu d'un terrain calcaire. Sans examiner jusqu'à quel point il est vrai qu'une racine profondément enfoncée végète encore avec vigueur, on doit admettre nécessairement que cette racine, à quelque profondeur qu'on la suppose, reçoit cependant de l'humidité ; or, toutes les fois qu'il y a humidité, c'est comme s'il y avait contact avec l'atmosphère, puisque, à la lumière près, la racine reçoit par l'intermédiaire de l'eau tous les principes qui se trouvent dans l'air, et de plus une certaine quantité de matière organique soluble, dont l'eau doit se charger en s'infiltrant à travers la couche supérieure et fertile du terrain.

Laissant donc de côté toutes les idées hasardées sur

---

prendre le sol comme il est et y établir la culture qui s'y adaptera le plus avantageusement. La théorie, et, ce qui vaut tout autant, le simple bon sens, indiquent qu'une terre trop argileuse sera améliorée en recevant une certaine quantité de sable. Cependant ces mélanges améliorans s'effectuent fort rarement ; ils sont trop coûteux. Notre ferme de Bechelbronn est placée sur un terrain très argileux ; au centre même de l'exploitation rurale se trouve une industrie minérale qui produit comme rebut une immense quantité de sable fin et quartzeux. On sait que ce sable introduit dans nos terres fortes leur communique de très bonnes qualités, l'expérience en est faite dans les jardins ; mais on a reconnu que les dépenses de transport, de défoncement et de mélange devenaient trop élevées lorsqu'il s'agissait d'effectuer le mélange dans la grande culture. Tout compte fait, il est résulté qu'il est plus avantageux d'employer à l'achat de nouvelles terres argileuses les sommes que l'on emploierait à sabler celles que l'on possède.

l'influence des terres dans la végétation, je considérerai avec Thaer, le fumier ou le terreau qui en dérive, comme l'agent qui contribue le plus efficacement à la formation des plantes, et j'admettrai que la force de végétation est déterminée par la proportion de sucs nourriciers qui se rencontrent dans le terrain ; entendant par sucs nourriciers, cette partie du terreau susceptible d'être absorbée par les suçoirs des racines, celle en un mot qui, toujours suivant le grand agriculteur que je viens de nommer, constitue la fécondité, la fertilité du sol.

Par les récoltes, le sol se trouve généralement épuisé; sa fertilité diminue, mais cette diminution est loin d'être la même pour toutes les cultures. Les plantes vivant aux dépens de l'air et du terrain, on conçoit que celles qui puisent le plus largement dans l'atmosphère, épuiseront d'autant moins le sol ; on conçoit encore que les récoltes totales, absolues comme celles des tubercules, de la garance, l'épuiseront au plus haut degré ; celles au contraire qui laissent des racines dans le sol et des fanes sur le terrain, seront beaucoup moins appauvrissantes, parce que par des labours subséquens, les parties abandonnées deviendront de véritables engrais. Au reste, à parité de circonstances, les récoltes possèdent des propriétés épuisantes très variées. Thaer, qui a constamment cherché à introduire dans la science agricole une précision qui y était inconnue avant lui, a essayé d'exprimer par des nombres la puissance épuisante des différentes cultures ; sans présenter ici les rapports numériques qu'il a déduits de ses longues observations, rapports qui cesseraient peut-être d'être vrais pour des conditions météorologiques différentes, je mentionnerai le résultat

général auquel il est arrivé ; et c'est que les plantes les plus nourrissantes, celles qui, sous un poids donné, peuvent nourrir le plus grand nombre d'animaux, sont précisément celles dont la culture épuise davantage le sol.

Or, Thaer pose en principe, que les engrais les plus actifs, ceux qui procurent aux terrains la plus grande fécondité, sont aussi ceux qui contiennent la plus forte dose de substances animalisées. D'un autre côté, j'ai fait voir, dans mon premier mémoire sur les fourrages, que ceux-là sont les plus nutritifs, qui renferment le plus d'azote. En combinant ces deux résultats, on trouve que les cultures qui exhument du sol la plus grande quantité d'azote, sont en même temps celles qui l'appauvrissent le plus.

Ce que je viens de dire rend donc probable que pendant l'épuisement du sol, l'action épuisante s'exerce principalement sur la matière azotée qui fait partie des sucs nourriciers, et que pour restituer à la terre le degré de fertilité qu'elle possédait avant la culture, il faut y introduire par les fumiers une quantité équivalente de cette même matière azotée.

Mais si les cultures épuisent généralement la terre, il en est aussi qui la rendent plus féconde ; celle du trèfle, par exemple, est dans ce cas. Si après avoir fait plusieurs coupes, on laboure en enfouissant la dernière pousse, on communique au champ de trèfle une fertilité nouvelle. Ceci paraît d'abord un paradoxe, puisqu'en somme on a réellement enlevé du champ une masse considérable de fourrage ; il suffit toutefois, pour comprendre ce qui se passe dans cette circonstance, de se rappeler que

les plantes prennent une partie de leur nourriture dans l'air, et dans le cas particulier qui nous occupe, il paraît qu'en laissant dans le sol les racines du trèfle, on lui rend une quantité de matière organique plus forte que celle à la formation de laquelle il a contribué, et qui a été enlevée par les coupes successives; ainsi tout compte fait, le sol a plus reçu de l'atmosphère qu'il n'a fourni à la plante récoltée.

Toute récolte verte enfouie dans le sol, l'enrichit. Dans certaines contrées, on fume la terre en y semant du lupin avec l'objet unique d'enfouir la plante lorsqu'elle est suffisamment développée. La quantité de matière organique introduite par la semence est si minime, que l'on peut tout-à-fait la négliger; et l'effet utile de cette pratique est évidemment produit par l'introduction dans le sol des élémens que la plante a soustraits à l'atmosphère (1).

J'ai dit que les physiologistes ont reconnu que les plantes ne prennent pas d'azote à l'atmosphère, mais qu'elles y puisent du carbone et les élémens de l'eau. Cependant, d'après les idées que j'ai exposées sur le principe efficace des engrais, on conçoit difficilement comment le sol, en recevant seulement de la matière organique non azotée, puisse acquérir une fécondité telle que celle que lui communique la culture des plantes

(1) A Bechelbronn nous semons le trèfle en avril en l'intercalant dans une céréale. Dans les années favorables, on fait une coupe en novembre; l'année suivante on a deux coupes; les agriculteurs font même trois coupes. Pour nous, nous enfouissons toujours la dernière pousse.

améliorantes ; fécondité qui permet de faire une récolte abondante de végétaux alimentaires et par conséquent riches en azote. Il y a donc lieu de croire que les cultures améliorantes, l'enfouissage en vert, les jachères, ne se bornent pas, comme semblent l'indiquer les expériences des physiologistes, à faire entrer dans le sol du carbone, de l'hydrogène et de l'oxigène, mais bien encore de l'azote.

Tels sont les faits agricoles sur lesquels j'ai cru devoir insister, et qui, dans mon opinion, rendent vraisemblable que les parties vertes des plantes sont aptes à s'assimiler l'azote de l'atmosphère.

Dans plusieurs établissemens agricoles, c'est réellement à l'atmosphère que l'agriculteur emprunte les principes fécondans qu'il répand sur son terrain. Je ne prétends pas parler ici des cultures situées dans des conditions très favorables sans doute, mais que l'on doit considérer comme exceptionnelles, tels sont les établissemens qui peuvent disposer des immondices des grandes villes. Je considère maintenant une industrie agricole isolée, et réduite à fabriquer ses engrais à l'aide de ses propres ressources.

Encore faut-il établir une distinction, et supposer une localité telle qu'il n'existe aucune prairie naturelle, ou si l'on veut irrigable ; car par les inondations, les prairies reçoivent de la matière organique étrangère. Je prendrai pour exemple une ferme consacrée à la culture des céréales, possédant par conséquent un nombre assez limité de bestiaux. Je ne crois pas devoir rappeler ici que l'expérience a enseigné la quantité d'engrais indispensable, celle du bétail pour produire le fumier, enfin

le rapport qui doit exister entre les surfaces cultivées en fourrages, et celle destinée à la culture du produit marchand. Je suppose l'établissement tout formé ; chaque année on exportera du froment, du fourrage, de temps à autre quelques pièces de bétail : ainsi il y aura exportation constante de matière azotée, sans qu'il y ait une importation appréciable de la même matière. Cependant la fertilité du sol ne s'affaiblira pas. On voit que dans un semblable établissement, la matière organique continuellement exportée, sera remplacée par la culture des plantes améliorantes par les jachères mortes ; et l'art de l'agriculteur consiste à adopter l'assolement qui favorise le mieux et le plus promptement possible la transition des élémens de l'atmosphère dans le sol.

En revenant à la question qui nous occupe, nous trouvons que les observations directes des physiologistes établissent que les végétaux ne prennent pas d'azote à l'atmosphère. Les expériences d'Hermbstœdt donnent un résultat dans le même sens. Il n'y a donc que les faits agricoles qui militent en faveur de l'opinion contraire. Les physiologistes, pour décider la question, ont fait végéter des plantes sous l'influence de l'humidité, dans un volume d'air déterminé, et dont la composition était connue. Ces expériences faites sous des cloches d'un diamètre de quelques décimètres, ne pouvaient donner de résultats tranchés que dans le cas de changemens assez considérables dans les volumes ; une différence de 20 ou 25 centimètres cubes, était, de l'aveu même des expérimentateurs, très difficile à apprécier ; or, en supposant que la plante verte mise en expérience eût pesé, supposée sèche, 2 à 3 grammes, et qu'elle eût contenu 0,02

d'azote, le poids de cet azote aurait pu doubler sans que l'observateur ait eu le moyen de s'en apercevoir. Si l'on ajoute que les méthodes manométriques exigent que les expériences soient d'une durée assez limitée, on admettra sans peine que ces méthodes ne doivent pas être adoptées dans ce genre de recherches, et qu'en les employant, les observateurs, malgré leurs soins et leur grande habileté, n'ont pu obtenir des résultats certains.

Les expériences très curieuses de Hermbstœdt, tout en prouvant d'une manière beaucoup plus rigoureuse qu'on ne l'avait fait, l'influence positive des engrais azotés sur la quantité de gluten des céréales, ne démontrent nullement que ces plantes prennent dans les engrais la totalité de leur azote; une fraction de cet azote pourrait provenir de l'atmosphère, sans qu'on pût s'en apercevoir par ce mode d'expérimentation.

Quant aux considérations agricoles que j'ai développées, elles roulent sur une hypothèse qui admet que la fécondité du sol ne peut être augmentée que par l'intervention d'une matière organique azotée, et quoique cette hypothèse ait pour elle des faits importans, ces faits sont encore trop peu nombreux, ils se produisent au milieu de circonstances trop compliquées, pour qu'on puisse la placer au rang des vérités. En effet, si l'on prouvait que de la matière organique non azotée, en l'ajoutant dans le sol à de la matière contenant de l'azote, communique au terrain une nouvelle dose de fertilité, tout ce que j'ai dit n'aurait plus la même valeur, et l'action fertilisante des récoltes améliorantes, de l'enfouissage en vert, des jachères, s'expliquerait suffisamment par la faculté que possèdent incontestablement ces opérations agricoles, de

faire entrer dans le sol du carbone et les élémens de l'eau. De ces faits, il ne resterait alors d'intact, que celui de l'exportation continue, et de la non-importation de la matière organique azotée sur un établissement placé dans les conditions où je l'ai supposé; et bien que j'aie exposé à peu près ce qui se passe sous mes yeux, je n'ose affirmer que quelques circonstances n'aient échappé à mon attention.

Ainsi, en résumant avec impartialité les faits favorables ou contraires à l'idée que les plantes prennent de l'azote à l'atmosphère, on voit que l'on peut considérer la question comme encore indécise, et c'est dans l'espoir de la résoudre que j'ai entrepris les expériences qui font le sujet de ce Mémoire.

J'ai dû suivre nécessairement une méthode entièrement distincte de toutes celles qui ont été employées jusqu'à présent; je n'avais aucune chance d'arriver à des résultats plus précis que ceux qui ont été obtenus, si j'eusse fait usage des mêmes moyens.

J'emploie l'analyse. Je compare la composition des semences à la composition des récoltes obtenues aux dépens seuls de l'eau et de l'air; c'est par ce mode d'observation que je juge le problème susceptible de solution. Je n'ose cependant me flatter de l'avoir complétement résolu; la question est d'ailleurs délicate et commande l'indulgence. De nouvelles recherches ajouteront ce qui manque à ce premier travail, qui, je l'espère du moins, montrera que l'analyse organique peut devenir un instrument utile dans les questions de physiologie végétale.

Bien que les recherches dont je vais rendre compte

aient été spécialement entreprises dans le but d'examiner si les plantes prennent de l'azote à l'atmosphère, elles déterminent encore avec précision les élémens perdus ou acquis par les graines de trèfle et de froment pendant leur germination et leur végétation sous l'influence de 'eauet de l'air.

§ 1. *Germination et culture du trèfle (trifolium pratense).*

Pour déterminer la composition des graines et des récoltes, j'ai fait usage des méthodes ordinaires de l'analyse organique; mais j'ai dû apporter le plus grand soin dans la dessiccation des matières que j'avais à examiner. La substance broyée était chauffée pendant plusieurs heures dans une étuve à huile, à la température de 100 à 110°; ensuite on la portait sous le vide sec, après l'avoir mise dans un bain d'huile chauffé à 110°; on laissait 24 heures dans le vide, on la pesait pour la replacer de nouveau dans le vide chaud et sec; on jugeait la matière sèche, quand après un séjour de quelques heures dans le vide, son poids restait invariable.

L'azote a été dosé par le procédé de M. Dumas, et comme il m'importait de le déterminer avec la plus grande exactitude possible, j'ai pris à cet effet quelques précautions qui seraient jugées inutiles dans les cas ordinaires : j'ai employé des tubes de 50 à 54 centimètres de longueur; au fond de chaque tube j'ai toujours placé 40 grammes environ de carbonate de plomb. Après avoir fait le vide, on donnait lieu à un dégagement abondant d'acide carbonique; on produisait un nouveau vide qui

était encore suivi d'un courant soutenu d'acide ; on procédait alors à l'analyse, et on la terminait par un balayage long-temps continué. Il est possible, au moyen de ces précautions, d'obtenir avant comme après la combustion, du gaz acide carbonique entièrement absorbable par la potasse.

J'ai dosé le carbone et l'hydrogène par la méthode ordinaire ; mais comme j'avais affaire à des substances qui se laissent difficilement réduire en poudre très ténue, j'ai constamment placé au fond des tubes, un mélange d'oxide de cuivre et de chlorate de potasse préalablement fondu. Par ce moyen, j'ai obtenu une concordance satisfaisante dans le dosage du carbone, et j'ai reconnu qu'en le négligeant, on s'exposait à commettre dans l'évaluation du carbone une erreur qui, dans une analyse de trèfle, s'est élevée à 0,04.

Analyses de la graine de trèfle.

Evaluation de l'humidité :

Poids de la graine.	Poids après la dessiccation.	Eau.	Eau pour 1.
1gr,110	0,984	0,126	0,114
0gr,602	0,536	0,066	0,110
0gr,500	0,440	0,060	0,112
		Moyenne....	0,112

Evaluation des cendres :

	Cendres.	Pour 1.
0,433 de graine sèche ont donné :	0,012	0,027
0,880 »	0,027	0,030
Moyenne....		0,0285

Dosage de l'azote :

	Graine sèche.	Graine privée de cendres.	Azote.	Température.	Baromètre.	Azote dans la graine sèche.	Azote dans la graine privée de cendr.
I.	0,984	0,956	$59^{cc},7$	$14^{\circ},5$	$0^{m},740$	0,0698	0,0719
II.	0,536	0,521	$32^{cc},7$	$17^{\circ},5$	$0^{m},749$	0,0700	0,0720
					Moyenne....	0,0699	0,0720

Carbone et hydrogène :	Graine sèche.	Graine privée de cendres.	Acide carbonique.	Eau.
I.	0,341	0,313	0,612	0,180
II.	0,355	0,345	0,633	0,191
III.	0,357	0,347	0,634	0,178

Graine de trèfle sèche.

	I.	II.	III.	Moyenne.
Carbone.....	0,4965	0,4930	0,4910	0,494
Hydrogène...	0,0583	0,0600	0,0549	0,058
Azote.......	0,0699	0,0699	0,0699	0,070
Oxigène.....	0,3468	0,3486	0,3557	0,350
Cendres.....	0,0285	0,0285	0,0285	0,028
	1,0000	1,0000	1,0000	1,000

Graine de trèfle exempte de cendres.

	I.	II.	III.	Moyenne.
Carbone....	0,511	0,507	0,505	0,508
Hydrogène..	0,061	0,062	0,057	0,060
Azote......	0,072	0,072	0,072	0,072
Oxigène....	0,356	0,359	0,366	0,360
	1,000	1,000	1,000	1,000

Germination du trèfle, première période.

On a fait germer la graine sur une assiette de porcelaine. A mesure que la radicule avait atteint une longueur de ½ à 1 centimètre, chaque graine était portée dans une étuve chauffée à 100°. La dessiccation complète a ensuite été faite de la manière décrite plus haut : les graines qui ont refusé de germer, ont été recueillies et desséchées à part.

Analyse de la graine germée.

	Graine germée sèche.	Graine germée privée de cendre.	Azote.	Température.	Baromètre.	Azote dans la graine germée sèche.	Azote dans la graine germée privée de cendr.
I.	0,406	0,393	26^{cc},8	12°	0,758	0,0786	0,0812
II.	0,319	0,3105	21^{cc},0	10°,5	0,745	0,0773	0,0796
					Moyenne....	0,0780	0,0804

	Graine germée sèche.	Graine germée privée de cendre.	Acide carbonique.	Eau.
I.	0,3275	0,318	0,589	0,192
II.	0,304	0,295	0,551	0,164

Graine germée sèche.

	I.	II.	Moyenne.
Carbone......	0,497	0,501	0,499
Hydrogène....	0,064	0,060	0,062
Azote.........	0,078	0,078	0,078
Oxigène.......	0,331	0,331	0,331
Cendres.......	0,030	0,030	0,030
	1,000	1,000	1,000

Graine germée privée de cendres.

	I.	II.	Moyenne.
Carbone	0,513	0,517	0,515
Hydrogène	0,066	0,061	0,063
Azote	0,080	0,080	0,080
Oxigène	0,341	0,342	0,342
	1,000	1,000	1,000

Résumé de l'expérience :

Mis à germer 3,288 gr. de trèfle répondant à		2,893 de graine sèche.	
Graine qui n'a pas germé, sèche		0,419	
Graine soumise à l'expérience		2,474	
Cendre contenue		0,069	
Graine privée de cendre		2,405	
Graine germée sèche	2,310		
Cendre	0,069		
Graine germée privée de cendre	2,241	2,241	
Perte pendant la germination		0,164	pour 1 = 0,068

	Carbone.	Hydrog.	Oxigène.	Azote.
2,405 gr. de graine contiennent	1,222	0,144	0,866	0,173
ont donné graine germée 2,241 conten.	1,154	0,141	0,767	0,179
Différences	— 0,068	— 0,003	— 0,099	+ 0,006

Rapportant à l'unité :

	Carbone.	Hydrog.	Oxigène.	Azote.
1 de graine contient	0,508	0,060	0,360	0,072
a donné graine germée 0,932 contenant	0,480	0,059	0,319	0,074
Différences	— 0,028	— 0,001	— 0,041	+ 0,002

L'analyse indique que pendant la première période de sa germination, le trèfle a perdu du carbone et de l'oxi-

gène ; le poids de l'oxigène perdu est beaucoup plus fort que celui du carbone. La perte en hydrogène, et le gain en azote, sont assez faibles pour se trouver compris dans la limite d'erreur de l'analyse.

Le rapport du carbone à l'oxigène perdu, s'approche assez de celui qui unit ces deux corps dans le gaz oxide de carbone ; il y aurait cependant dans l'oxigène un excès de 0,004.

Germination du trèfle, deuxième période.

Je nomme deuxième période de la germination du trèfle, l'époque à laquelle les parties vertes se sont manifestées. Chaque graine germée était portée à l'étuve, lorsque les feuilles séminales étaient développées ; le test de chaque graine a été recueilli et réuni à la semence germée.

Analyse de la graine germée, deuxième période.

	Graine germée sèche.	Graine germée privée de cendre.	Azote.	Température.	Baromètre.	Azote dans la graine germée sèche.	Azote dans la graine germée privée de cendre.
I.	0,360	0,348	$25^{cc},7$	13°	$0^{m},754$	0,0844	0,0871
II.	0,331	0,320	$24^{cc},0$	13°,5	$0^{m},753$	0,0843	0,0872
					Moyenne	0,0843	0,0872

	Graine germée. sèche.	Grainé germée privée de cendre (1).	Acide carbonique.	Eau.
I.	0,296	0,286	0,490	0,161
II.	0,304	0,294	0,502	0,166

(1) J'ai toujours admis, d'après les expériences de M. Lassaigne,

Graine germée sèche, deuxième période.

	I.	II.	Moyenne.
Carbone......	0,458	0,457	0,458
Hydrogène....	0,060	0,055	0,058
Azote.........	0,084	0,084	0,084
Oxigène......	0,364	0,364	0,364
Cendre.......	0,034	0,034	0,034
	1,000	1,000	1,000

Graine germée privée de cendre, deuxième période.

	I.	II.	Moyenne.
Carbone.......	0,474	0,472	0,473
Hydrogène....	0,062	0,058	0,060
Azote.........	0,087	0,087	0,087
Oxigène.......	0,377	0,383	0,380
	1,000	1,000	1,000

Résumé de l'expérience :

Graines mises à germer $2^{gr},777$, représentées par graines sèches....................	2,466
Graines qui n'ont pas germé..............	0,331
Graines soumises à l'expérience............	2,135
Cendre contenue.........................	0,061
Privées de cendre........................	2,074

que les graines germées renferment la même quantité de cendre que la graine non germée.

Ont produit graine germée	1,788	
Cendre.	0,061	
Privée de cendre.	1,727	1,727

Perte pendant la germination 0,347 pour 1 = 0,167

	Carbone.	Hydrogène.	Oxigène.	Azote.
2,074 de trèfle contiennent. .	1,054	0,124	0,747	0,149
deviennent 1,727 contenant .	0,817	0,104	0,656	0,150
Différences	— 0,237	— 0,020	— 0,091	+ 0,001

Rapportant à l'unité :

	Carbone.	Hydrog.	Oxigène.	Azote.
1 de trèfle contient.	0,508	0,060	0,360	0,072
devient en germant 0,833 et contient	0,394	0,050	0,317	0,072
Différences	— 0,114	— 0,010	— 0,043	0,000

Pour arriver à cette période, le trèfle a perdu du carbone et de l'oxigène comme dans l'expérience précédente ; mais ici la perte en carbone surpasse celle en oxigène ; de plus, on découvre une perte en hydrogène non équivoque. On retrouve dans la graine germée l'azote qui existait dans le trèfle avant sa germination.

Les analyses du trèfle germé et non germé semblent montrer que le phénomène de la germination n'est pas aussi simple qu'on le suppose généralement. On sait par les beaux travaux de M. de Saussure, que les graines transforment, en germant, l'oxigène en acide carbonique ; de plus, on a reconnu que dans la plupart des cas, le gaz acide formé présente un volume égal à celui de l'oxigène qui a contribué à sa formation ; d'où l'on a conclu que les semences, pendant qu'elles germent, perdent une partie de leur carbone, sans absorber ni émettre d'oxigène. Cependant, dès ses premières recherches

sur ce sujet, M. de Saussure a observé que la perte totale essuyée par une graine soumise à la germination, surpasse toujours celle que l'on peut attribuer au carbone qui s'unit à l'oxigène pour le changer en gaz acide carbonique. Ce savant chimiste explique l'excès de perte par le dégagement d'une certaine quantité d'eau qui, devenue libre, se dégagerait pendant la dessiccation de la graine germée.

L'analyse ne confirme pas cette explication; elle indique une perte très notable en oxigène pendant la germination du trèfle, et elle montre que, pendant la première période, cette perte ne peut être due à l'eau dégagée, puisqu'il n'y a pas eu de changement sensible dans l'hydrogène de la graine. Durant la deuxième période, il y a eu, à la vérité, élimination d'hydrogène, mais la quantité éliminée n'est pas proportionnelle à la disparition de l'oxigène; elle est trop faible pour changer en eau tout l'oxigène perdu. Au reste, on a trouvé dans ces derniers temps que les graines ont une action assez variée sur l'air ambiant : certaines semences changent en germant exactement l'oxigène de l'air en acide carbonique, il en est d'autres qui fournissent tantôt plus, tantôt moins d'acide qu'il n'y a d'oxigène consommé. Ces résultats varient d'ailleurs pour une même espèce de graine, selon l'état plus ou moins avancé de la germination.

L'analyse rend assez bien raison de ces variations qui dépendent probablement des phases par lesquelles passe successivement une graine germante. Il suffit, par exemple, de comparer le trèfle non germé, au produit de la première période, et ce dernier au produit de la deuxième. On reconnaît alors que la perte en carbone est

commune aux deux époques, mais on voit en même temps que la perte en oxigène semble s'arrêter dans l'intervalle qui sépare la première de la deuxième période. En comparant on a :

	Carbone.	Hydr.	Oxigène.	
1 de graine	0,208	0,060	0,360	Differ. — 0,041
1re période, devient 0,932 et contient	0,480	0,059	0,319	
2e période, 0,835	0,394	0,050	0,317	Differ. — 0,002

Culture du trèfle pendant deux mois.

Température moyenne, de septembre.. 13°,0
d'octobre...... 10°,1

Je décrirai une fois pour toutes la méthode que j'ai suivie dans les cultures que j'ai faites. J'ai employé pour sol du sable siliceux ; le sable a été d'abord passé au tamis, puis ensuite chauffé et entretenu à la chaleur rouge, afin de lui enlever toute trace de matière organique. On l'humectait alors avec de l'eau distillée, pour le disposer à recevoir les semences ; au bout de quelques jours, j'enlevai les graines qui n'avaient pas germé. Les vases en porcelaine qui contenaient le sable ensemencé, ont été déposés dans un pavillon situé à l'extrémité d'un grand jardin. Durant tout le temps de la culture, les fenêtres sont restées constamment fermées, mais leur hauteur et leur position permettaient au soleil de pénétrer dans la pièce pendant tout le jour. Pour enlever les récoltes, on desséchait les vases à une douce chaleur : les plantes sortaient aisément du sable, et pour débarrasser leurs racines du sable adhérent, on les agitait dans l'eau ; dans aucun cas je n'ai frotté les racines, dans la crainte de les briser et de perdre ainsi une partie de leurs sucs ; j'ai préféré y laisser du sable. Les plantes récoltées étaient

alors séchées à l'étuve, broyées, et la dessiccation s'achevait alors au bain d'huile et dans le vide.

En déterminant le poids du sable et de la cendre, on connaissait celui de la récolte sèche et privée de cendres; on comparait ce poids à celui de la graine semée, déduction faite de la semence non germée.

Le sable dans lequel la végétation avait eu lieu, était tamisé de nouveau; on recueillait de la sorte quelques débris de la plante, et particulièrement le test des graines. Le sable était lessivé, et l'eau de lavage évaporée à l'étuve; mais à l'exception d'une légère quantité de matière saline, dont j'ignore l'origine, je n'ai pas obtenu de résidu qui méritât la peine d'être pesé.

Le trèfle récolté après deux mois de culture dans le sable, était d'un beau vert; mais eu égard à ce qu'il aurait été si on l'eût cultivé dans une terre fumée, on peut dire qu'il était chétif. Sa hauteur moyenne ne dépassait pas 5 centimètres; ses racines, fort minces d'ailleurs, avaient environ 6 centimètres.

Analyse de la récolte.

0,433 ont laissé par l'incinération un résidu de silice et de cendre, pesant 0,093, pour 1 = 0,215.

	Récolte privée de cendre.	Azote.	Température.	Baromètre.	Azote dans le trèfle récolté.
I.	0,356	$14^{cc},3$	9°	$0^{m},734$	0,0469
II.	0,314	$12^{cc},8$	9°	$0^{m},733$	0,0474
				Moyenne	0,0472

	Récolte.	Acide carbonique.	Eau.
I.	0,3375	0,620	0,175
II.	0,332	0,605	0,176

Composition de la récolte.

	I.	II.	Moyenne.
Carbone.......	0,508	0,504	0,506
Hydrogène.....	0,057	0,058	0,058
Azote.........	0,047	0,047	0,047
Oxigène.......	0,388	0,390	0,389
	1,000	1,000	1,000

Résumé de l'expérience :

Graine de trèfle semée 2,000 gr., équivalent à graine sèche...............	1,776
Graines qui n'ont pas germé	0,199
Graines mises en expérience	1,877
Cendres contenues	0,045
Privées de cendres	1,532
Récolte avec sable et cendre a pesé 3,218. Déduction faite..............	2,526
Gain de la graine pendant 2 mois de culture	0,994 pour 1 = 8,649.

	Carbone.	Hydrog.	Oxigène.	Azote.
1,532 de graine contenait ..	0,778	0,092	0,552	0,110
2,526 de récolte contiennent	1,278	0,146	0,982	0,120
Différences	+ 0,500	+ 0,054	+ 0,430	+ 0,010

Rapportant à l'unité :

	Carbone.	Hydrog.	Oxigène.	Azote.
1 de graine contenant. ...	0,508	0,060	0,360	0,072
Récolte 1,649 contenant ..	0,834	0,095	0,641	0,079
Différences	+ 0,326	+ 0,035	+ 0,281	+ 0,007

Ainsi, pendant deux mois de culture, le trèfle a fait un gain en azote; la quantité d'azote trouvée en excès

me semble déjà assez forte pour ne pas l'attribuer à une erreur ordinaire d'analyse.

La graine, ou plus exactement la plante qui en est issue, a pris à l'eau et à l'atmosphère du carbone, de l'hydrogène et de l'oxigène. Il est à remarquer que le rapport dans lequel se trouvent les deux derniers élémens, est précisément celui dans lequel ils constituent l'eau.

Culture du trèfle pendant trois mois.

Température moyenne :	d'août......	19°,8
	de septembre	13°,0
	d'octobre....	10°,1

La récolte a présenté une assez bonne apparence. Le trèfle avait acquis 8 à 9 centimètres de hauteur; la chaleur du mois d'août avait fait développer assez rapidement cette culture; on remarquait quelques feuilles sèches. Les feuilles les plus grandes pouvaient être inscrites dans un cercle de 5 centimètres de diamètre ; la longueur des racines variait de 6 à 11 centimètres, mais elles étaient très minces. La récolte desséchée et broyée avait une couleur verte foncée.

Analyse de la récolte.

0,337 ont laissé par l'incinération, sable et cendre 0,117. Pour 1 = 0,347.

	Récolte privée de cendre.	Azote.	Température.	Baromètre.	Azote.
I.	0,379	12^{cc},3	7°,5	0^{m},742	0,0380
II.	0,447	14^{cc},5	6°	0^{m},738	0,0387
				Moyenne	0,0384

	Récolte privée de cendre.	Acide carbonique.	Eau.
I.	0,327	0,598	0,196
II.	0,301	0,563	0,179

Composition de la récolte.

	I.	II.	Moyenne.
Carbone.......	0,506	0,508	0,507
Hydrogène......	0,066	0,065	0,066
Azote.........	0,038	0,038	0,038
Oxigène.......	0,390	0,389	0,389
	1,000	1,000	1,000

Résumé de l'expérience :

Trèfle semé 2,000 équivalent à graine sèche et privée de cendre	1,776
Graines qui n'ont pas germé	0,144
Graines soumises à l'expérience	1,632
Cendres contenues	0,046
Graine privée de cendres.............	1,586
La récolte brute a pesé 6,298, et déduction faite du sable et cendre...........	4,106
Gain pendant la culture..............	2,520 pour 1 = 1,589

	Carbone.	Hydrog.	Oxigène.	Azote.
1,586 de graine contenait.....	0,806	0,095	0,371	0,114
Récolte a pesé 4,106 contenant..	2,082	0,271	1,397	0,156
Différences	+ 1,276	+ 0,176	+ 1,026	+ 0,042

Rapportant à l'unité :

	Carbone.	Hydrog.	Oxigène.	Azote.
1 de graine contient	0,508	0,060	0,360	0,072
a donné récolte 2,589 contenant .	1,315	0,171	1,007	0,098
Différences	+ 0,806	+ 0,111	+ 0,647	+ 0,026

Pendant une culture de 3 mois, la graine a acquis environ le $\frac{1}{5}$ du poids de l'azote qu'elle renfermait avant d'avoir été semée ; en outre, le carbone a augmenté dans le rapport de 5 à 8. L'hydrogène et l'oxigène ont presque doublé ; mais ici ces deux substances ne se trouvent pas dans la proportion voulue pour former de l'eau ; l'hydrogène est en excès, et cet excès est tel qu'on ne peut l'attribuer à une erreur d'analyse.

Il semble résulter des expériences sur le trèfle, que pendant la germination de cette graine, il n'y a pas d'azote fixé, mais il paraît que durant l'acte de la végétation, la plante prend à l'air une certaine quantité de ce principe.

Je passe maintenant aux objections que l'on peut élever sur l'exactitude de la méthode que j'ai suivie.

En premier lieu, l'on peut dire que l'eau distillée est rarement d'une pureté absolue ; mais en lui supposant une certaine impureté, il est difficile de croire que les matières qui peuvent encore la souiller, soient précisément azotées. Un litre de l'eau dont j'ai fait usage, n'a pas laissée de résidu pondérable par l'évaporation ; or, dans les trois mois qu'ont duré les plus longues cultures, l'eau consommée pour entretenir le sable dans un état convenable d'humidité, n'a pas dépassé 5 litres ; je ne crois pas être loin de la vérité en admettant que ces 5 litres d'eau n'ont pas fourni $\frac{1}{2}$ centigramme de matière étrangère, quantité tout-à-fait négligeable, et qui ne peut avoir exercé aucune influence sur les résultats obtenus.

Une critique plus sérieuse, et qui a été faite toutes les fois qu'on a voulu fixer le poids des élémens que les végétaux empruntent à l'eau et à l'air, est celle qui attri-

buer une partie des élémens acquis par la plante, aux poussières qui voltigent dans l'air. On ne peut nier la présence de ces poussières, et l'on peut soutenir qu'elles interviennent en agissant jusqu'à un certain point, comme le ferait un engrais; et comme il n'est pas douteux qu'une partie de ces poussières ne soient d'origine animale, on doit supposer, jusqu'à démonstration du contraire, qu'elles fournissent à la plante l'azote qu'elle s'est assimilé pendant la végétation.

Pour lever tout scrupule à cet égard, j'ai fait germer et végéter du trèfle dans un appareil qui mit la plante complétement à l'abri des poussières qui sont tenues en suspension dans l'atmosphère. Comme cet appareil peut offrir différens avantages dans les recherches chimiques sur la végétation, je le décrirai avec quelques détails.

A. Est un tonneau aspirateur.

B. Bondon fermant l'ouverture par laquelle on charge le tonneau.

D. Cloche à 3 tubulures, communiquant d'un côté par le tube C avec le tonneau, et de l'autre par l'appareil de Liebig, avec l'atmosphère.

H. Vase dans lequel la plante végète.

G. Pipette fixée à la tubulure supérieure de la cloche, servant à arroser. Quand l'appareil fonctionne, la pipette est fermée en g avec un petit bouchon.

I. Vase dans lequel l'ouverture de la cloche est mastiquée.

On place un peu d'eau distillée dans le tube de Liebig, de manière à ce que l'air en le traversant, se dépouille des poussières. Je n'ai pas besoin d'ajouter que le courant d'air qui traverse le tube pour passer dans la clo-

[illegible], [illegible] par l'écoulement de l'eau du seul [illegible].

Dans mes expériences, je mettais chaque jour la plante en contact avec 6 à 800 litres d'air. Après avoir fait passer dans le mois d'août près de 10000 litres d'air dans un appareil de Liebig, la poussière déposée dans le tube ne pesait pas 3 milligrammes; il est vrai que mon tonneau aspirateur était placé sur l'herbe et proche d'un petit étang.

Germination du trèfle en vase clos.

[illegible] de graine qui représentaient 0,428 de graine sèche et privée de cendres, ont été mis à germer dans l'appareil, jusqu'au parfait développement des feuilles séminales.

Graine privée de cendre... 0,428
Récolte privée de cendre... 0,397
Perte 0,031

0,334 de graine germée ont donné, azote 20 centim. cubes, température 4°,5, baromètre 0m,747.

0,428 de graine contenant azote . . . . [illegible]
0,397 de graine germée en renferment. [illegible]
Différence + 0,0008

On peut conclure de cette expérience qu'en vase clos, comme en germant dans l'air, le trèfle n'absorbe pas une quantité notable d'azote.

Culture du trèfle en vase clos pendant le mois de septembre.

1 gr de trèfle = graine sèche	0,880
a fourni une récolte qui, desséchée, a pesé	0,879
Perte	0,001

0,475 de la récolte sèche a fourni, azote 32 centim. cubes, température 15°, baromètre $0^m,750$ = 0,078 pour 1.

Résumé :

0,880 de graine sèche renferme azote...	0,061
0,879 de récolte contient azote	0,069
Gain en azote pendant la culture	+ 0,008

On voit que pendant le mois de septembre, le trèfle cultivé en vase clos a gagné une quantité d'azote à peu près égale à celle qu'il a acquise pendant une culture de deux mois en plein air (septembre et octobre); il est vrai que la température du mois d'octobre a été si basse, qu'il est probable que pendant ce mois, la plante a fait fort peu de progrès.

Je regrette beaucoup de ne pouvoir présenter une plus longue série de culture en vase clos; mais la saison s'est trouvée trop avancée pour entreprendre de nouvelles recherches.

Au reste, les observations que je vais décrire et qui sont relatives au froment, lèveront d'ailleurs toutes les objections qui auraient pour base l'intervention des poussières de l'atmosphère.

Afin qu'on puisse embrasser d'un coup d'œil les pertes et les gains successifs éprouvés par la graine de trèfle pendant sa germination et sa végétation, j'ai réuni dans un tableau le résultat des analyses contenues dans cette première partie de mon travail.

ÉTAT DE LA GRAINE.	Poids de la graine ou de la plante.	Différences en poids.	Carbone.	Différences en carbone.	Hydrogène.	Différences en hydrogène.	Oxigène.	Différences en oxigène.	Azote.	Différences en azote.
Graine.	1,000		0,508		0,060		0,560		0,072	
Germée, 1re période. .	0,952	−0,068	0,480	−0,028	0,059	−0,001	0,319	−0,041	0,074	+0,002
Germée, 2e période. .	0,853	−0,099	0,394	−0,086	0,050	−0,009	0,317	−0,002	0,072	−0,002
Cultivée, 2 mois. . .	1,649	+0,816	0,854	+0,440	0,095	+0,045	0,641	+0,342	0,079	+0,007
Cultivée, 3 mois. . .	2,589	+0,940	1,315	+0,479	0,171	+0,076	1,007	+0,366	0,098	+0,019

§ 2. *Expériences sur le froment.*

Le froment qui a servi aux recherches qui suivent, a été cultivé dans un bon terrain de jardin. J'indique cette circonstance, parce que son analyse prouve encore l'influence des engrais sur la quantité de substance azotée contenue dans les céréales. Le même froment, récolté dans nos meilleures terres à blé, ne contient que 0,025 d'azote, tandis que celui dont il est question ici, par le seul fait d'avoir crû dans un sol plus fertile, en renferme 0,035 (1).

Analyse du froment.

Evaluation de l'humidité :

Nombre de grains.	Poids.	Poids apr. dessiccat.	Eau.	Eau pour 1.
10	0,426	0,355	0,071	0,167
15	0,515	0,429	0,086	0,167
»	0,609	0,510	0,099	0,163
			Moyenne	0,166

Evaluation des cendres :

Nombre de grains.	Poids.	Poids à l'état sec.	Cendre.	Cendre pour 1.
14	0,595	0,496	0,011	0,0222
14	0,548	0,457	0,011	0,0240
			Moyenne	0,0231

(1) Voici le résultat de cette culture sur 1 mètre carré : semé 20 grammes en novembre 1836.

En 1837, récolté :	Grains.	375 grammes.
	Balle.	125
	Paille très forte . . .	1125
	Chaume	62
	Total	1687

Dosage de l'azote. La détermination de l'azote du froment m'a présenté dans les résultats des différences assez fortes ; comme je n'ai aucune raison pour ne pas considérer comme bonnes les trois analyses que j'ai faites, je prendrai le résultat moyen qu'elles ont offert.

	Froment sec.	Froment privé de cendre.	Azote.	Température.	Baromètre.	Azote dans le froment sec.	Azote dans le froment privé de cendr.
I.	0,926	0,905	24cc,0	15°,5	0m,749	0,0307	0,0314
II.	0,524	0,512	16cc,0	16°,5	0m,745	0,0330	0,0338
III.	0,508	0,496	16cc,5	18°,0	0m,749	0,0372	0,0381
					Moyenne	0,0336	0,0345

	Froment sec.	Froment privé de cendre.	Acide carbonique.	Eau.
I.	0,342	0,334	0,560	0,182
II.	0,350	0,342	0,575	0,175
III.	0,355	0,347	0,588	0,200

Composition du froment.

	Sec.				Privé de cendre.			
	I.	II.	III.	Moyenne.	I.	II.	III.	Moyenne.
Carbone . . .	0,453	0,455	0,458	0,455	0,464	0,465	0,469	0,466
Hydrogène .	[illegible]	[illegible]	0,056	0,057	0,060	0,056	0,058	0,058
Azote	0,034	0,034	0,034	0,034	0,0345	0,0345	0,0345	0,0345
Oxigène. . .	0,431	0,433	[illegible]	0,431	0,4415	0,4445	[illegible]	0,4415
Cendre . . .	0,023	0,023	0,023	0,023	»	»	»	»
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Germination du froment, première période.

La germination a été arrêtée aussitôt après l'apparition

des radicules ; les jeunes tiges étaient à peine visibles. Après la dessiccation, le froment germé se trouvait légèrement vidé, broyé, et différait à peine du froment réduit en farine.

Analyse du froment germé.

	Froment germé sec.	Froment germé privé de cendre.	Azote.	Température.	Baromètre.	Azote dans le froment germé sec.	Azote dans le froment germé privé de cendre.
I.	0,447	0,4365	14^{cc},0	8°,0	0^{m},741	0,0371	0,0380
II.	0,425	0,415	13^{cc},6	8°,5	0^{m},740	0,0360	0,0369
					Moyenne	0,0365	0,0375

	Froment germé sec.	Froment germé privé de cendre.	Acide carbonique.	Eau.
I.	0,313	0,306	0,517	0,163
II.	0,293	0,286	0,488	0,153

Composition du froment germé.

	Sec. I.	Sec. II.	Sec. Moyenne.	Privé de cendre. I.	Privé de cendre. II.	Privé de cendre. Moyenne.
Carbone..	0,457	0,460	0,459	0,467	0,472	0,470
Hydrogène	0,059	0,058	0,059	0,059	0,059	0,059
Azote....	0,036	0,036	0,036	0,036	0,037	0,037
Oxigène..	0,426	0,422	0,422	0,437	0,437	0,437
Cendre...	0,024	0,024	0,024	»	»	»
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Résumé de l'expérience.

91 gr. de froment mis à germer pesaient

3,26 = secs.	2,718
Graines non germées.	0,232
Soumis à l'expérience	2,486
Cendre.	0,057
Graines privée de cendre.	2,429
Froment germé sec.	2,422
Cendre.	0,057
Privé de cendre	2,365 2,365

Perte pendant la germination 0,064 pour 1 = 0,026

	Carbone.	Hydrog.	Oxigène.	Azote.
2,429 de froment contiennent.	1,132	0,141	0,073	0,083
2,365 de froment germé contiennent .	1,111	0,139	1,026	0,087
Différences	— 0,0[illegible]	— 0,002	— 0,047	+ 0,004

Rapportant à l'unité :

	Carbone.	Hydrog.	Oxigène.	Azote.
1 de froment.	0,466	0,058	0,441	0,035
a donné froment germé 0,974 contienn.	0,4[illegible]	0,057	0,423	0,036
Différences	— 0,006	— 0,001	— 0,018	+ 0,001

Pendant la première époque de sa germination, le froment paraît avoir gagné une certaine quantité d'azote, mais la quantité en est si petite, que ce gain est au moins douteux.

La perte essuyée par la graine se porte presque entièrement sur le carbone et l'oxigène ; comme dans la première germination du trèfle, le poids de l'oxigène perdu est beaucoup plus fort que celui du carbone. La perte en hydrogène est comprise dans la limite possible des erreurs d'analyses.

Les élémens éliminés pendant cette première période peuvent se représenter par de l'eau et de l'oxide de carbone.

En effet, 0,008 de carbone + 0,011 = $\dot{C}$, et les 0,007 d'oxigène exigeraient environ 0,001 d'hydrogène pour former de l'eau. Au reste, ce rapport dans les élémens perdus ne se soutient plus dans les périodes plus avancées de la germination.

Germination du froment, deuxième période.

La germination a été suspendue lorsque les jeunes tiges eurent acquis la longueur des grains.

Analyse du froment germé, deuxième période.

	Froment germé sec.	Froment germé privé de cendre.	Azote.	Température.	Baromètre.	Azote dans le froment germé sec.	Azote dans le froment germé exempt de cend.
I.	0,379	0,370	11^{cc},0	13°	0^{m},758	0,0351	0,0359
II.	0,395	0,386	12^{cc},0	14°	0^{m},758	0,0360	0,0368
III.	0,404	0,394	12^{cc},0	12°	0^{m},759	0,0356	0,0365
					Moyenne	0,0356	0,0364

	Froment germé sec.	Froment germé exempt de cendre.	Acide carbonique.	Eau.
I.	0,319	0,311	0,514	0,168
II.	0,3125	0,305	0,495	0,163

	Froment germé sec.	Froment germé exempt de cendre.	Acide carbonique	Eau.
I.	0,311	0,303	0,519	0,169
II.	0,386	0,375	0,638	0,208

Composition du froment germé, troisième période.

	Sec.			Exempt de cendre.		
	I.	II.	Moyenne.	I.	II.	Moyenne.
Carbone.....	0,461	0,457	0,459	0,474	0,470	0,472
Hydrogène.	0,060	0,060	0,060	0,061	0,061	0,061
Azote.....	0,041	0,041	0,041	0,042	0,042	0,042
Oxigène...	0,410	0,414	0,412	0,423	0,427	0,425
Cendre....	0,028	0,028	0,028	»	»	»
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Résumé de l'expérience :

Froment employé, 2gr,772 = sec...	2,312
Grains non germés..............	0,237
Mis en expérience................	2,075
Cendre.........................	0,048
Privés de cendre................	2,027

Ont produit froment germé sec	1,752	
Cendre..............	0,048	
Privé de cendre.........	1,704	1,704
Perte dans la germination		0,323 pour 1 = 0,159

	Carbone.	Hydrog.	Oxigène.	Azote.
2,075 de froment contiennent.....	0,945	0,117	0,895	0,070
1,704 de froment germé contiennent .	0,804	0,104	0,723	0,072
Différences	— 0,141	— 0,013	— 0,172	+ 0,002

Rapportant à l'unité :

	Carbone.	Hydrog.	Oxigèn.	Azote.
1 de froment contient.	0,466	0,058	0,444	0,055
devient en germant 0,841 contenant .	0,397	0,051	0,357	0,056
Différences.	— 0,069	— 0,007	— 0,084	+ 0,001

On voit que pour parvenir à cette époque avancée de la germination, la graine a éprouvé une perte de 16 pour cent, en cédant à l'atmosphère du carbone, de l'hydrogène et de l'oxigène ; l'analyse ne signale encore dans cette circonstance qu'un très léger changement en plus dans la proportion d'azote.

Cette troisième période me semble approcher de la limite de la germination du froment ; pour y atteindre, la graine a exigé près de 15 jours. Il est extrêmement probable que c'est vers cette époque que la semence cesse de perdre son organisation, comme plante et suffisamment développée, pour que bientôt elle puisse prendre à l'atmosphère.

Les résultats généraux sur la germination, auxquels on est conduit par l'analyse, diffèrent, comme je l'ai déjà dit, de ceux qui ont été obtenus par les recherches antérieures, en se bornant à étudier l'action des graines germantes sur l'air atmosphérique.

La méthode manométrique, employée jusqu'à ce jour, a, sans doute, un grand avantage que n'a pas l'analyse, c'est de constater directement les produits gazeux qui peuvent se développer pendant la végétation ; c'est là la limite de son pouvoir. Les substances qui s'échappent sous un tout autre état ne sont plus perceptibles par cette méthode.

L'analyse dernière, de son côté, est impuissante pour

nous révéler la nature particulière des produits qui prennent naissance pendant la vie végétale ; mais elle présente ceci d'avantageux, qu'elle nous fait connaître avec précision les élémens bruts qui sont acquis ou éliminés, quel que soit d'ailleurs l'état sous lequel ils abandonnent la plante ou viennent s'y assimiler.

Dans les premières périodes de la germination, par exemple, la méthode manométrique prouve qu'il se forme toujours aux dépens de l'air du gaz acide carbonique, quelquefois elle indique aussi une absorption d'oxigène : on en a conclu que dans cette circonstance la graine perd du carbone.

C'est ce que confirme l'analyse, mais de plus elle annonce une perte en oxigène, et elle montre que cet oxigène ne se dissipe pas entièrement à l'état d'eau. Il devient alors très probable que c'est uni au carbone, et en formant peut-être avec les élémens de l'eau un composé non gazeux, qu'une partie de cet oxigène se sépare de la graine.

M. Becquerel admet, d'après ses expériences, qu'il y a toujours formation d'acide acétique lors de la germination. J'ai constaté le fait de l'acidité en faisant germer des semences sur une feuille de papier tournesol ; en reconnaissant avec ce célèbre physicien que l'acidité est due à de l'acide acétique, il est évident qu'alors et par le seul fait de son apparition, une graine peut perdre en germant une partie de son carbone autrement qu'en fournissant de l'acide carbonique avec l'oxigène de l'air, et dans cette occurrence, il est assez vraisemblable que de l'oxigène appartenant à la semence, entre pour quelque chose dans la composition de l'acide organique formé.

Les éléments de la graine qui concourent à la production de cet acide, ne sauraient être appréciés par les moyens eudiométriques, et l'on peut en dire autant de tous les produits non gazeux, mais qui, volatiles comme l'acide acétique, peuvent se dissiper à l'état de vapeur pendant la dessiccation de la graine germée.

Culture du froment pendant les mois de septembre et d'octobre.

37 semences de froment ont été semées dans le sable, toutes ont germé; les tiges, lors de la récolte, avaient 20 à 25 centimètres; elles étaient fort grêles, se courbant sous leur propre poids; quelques feuilles, placées vers le bas de la tige, se trouvaient complétement décolorées; d'autres avaient seulement jauni à leur extrémité; les racines avaient pris un développement extraordinaire en longueur, mais elles étaient minces et chevelues.

Analyse de la récolte.

0,335 de la récolte desséchée ont laissé par l'incinération un résidu de sable et de cendre pesant 0,070, pour 1 = 0,209.

[illegible]

[illegible]	0,4590	0,744	0,0215
[illegible]	0,3240	0,769	0,0228
		Moyenne	0,0221

Récolte privée de cendre, 0,313, acide carbonique, 0,560, eau, 0,182.

Plusieurs accidens ayant épuisé la matière, je n'ai pu faire que cette analyse.

La récolte contient :

Carbone.	0,495
Hydrogène.	0,064
Azote	0,022
Oxigène	0,419
	1,000

Résumé de l'expérience :

Froment semé 1,328 — sec et privé de cendre. 1,244

Récolte avec [illegible] a pesé 2,300, et privée de [illegible] 1,8[illegible]

Gain pendant la culture 0,578 = 0,[illegible]

	Carbone.	Hydrogène.	Oxigène.	Azote.
1,244 de froment contient . . .	0,580	0,072	0,549	0,0[illegible]
a produit 1,8[illegible] contenant . . .	0,901	0,116	0,763	[illegible]
Différences	+ 0,321	+ 0,044	+ 0,215	— 0,0[illegible]

Rapportant à l'unité :

	Carbone.	Hydrogène.	Oxigène.	Azote.
1 de froment contient	0,466	0,058	0,441	0,035
a produit 1,462 contenant. . . .	0,724	0,094	0,612	0,032
Différences	+ 0,258	+ 0,036	+ 0,171	— 0,003

Pendant les deux mois de végétation aux dépens de l'air et de l'eau, le poids du froment a augmenté dans le rapport de 1 à 1 $\frac{1}{2}$. Cette augmentation a eu lieu par une assimilation de carbone, d'hydrogène et d'oxigène ; l'analyse indique en outre une très faible perte en azote.

Culture du froment pendant les mois d'août, de septembre et d'octobre.

46 grains de froment ont été semés dans le sable, tous ont levé; à l'époque de la récolte les tiges avaient une hauteur de 36 à 38 centimètres. La plupart des feuilles inférieures étaient jaunes, les racines avaient pris une extension considérable et formaient une espèce de tissu, ce qui a rendu le lavage fort difficile.

Analyse de la récolte.

0,520 de la récolte sèche ont laissé par la combustion, un résidu pesant 0,151 = 0,290.

Récolte privée de cendre.	Azote.	Température.	Baromètre.	Azote.
0,571	79,3	6°	0m,734	0,0191
0,4645	79,5	6°	0m,736	0,0205
			Moyenne	0,0198

	Récolte privée de cendre.	Acide carbonique.	Eau.
I	0,364	0,641	0,187
II	0,388	0,678	0,205

	I.	II.	Moyenne.
Carbone..........	0,482	0,482	0,482
Hydrogène..........	0,057	0,059	0,058
Azote..........	0,020	0,020	0,020
Oxigène..........	0,441	0,439	0,440
	1,000	1,000	1,000

Résumé de l'expérience :

Poids du froment semé 2,018. Sec et privé de cendre . 1,644
La récolte a pesé 4,256. Privée de sable et cendre . . . 3,022

Gain pendant la culture 1,378 p. 1 = 0,838

	Carbone.	Hydrogène.	Oxigène.	Azote.
1,644 de froment contient . . .	0,767	0,095	0,725	0,057
a produit 3,022 contenant . . .	1,406	0,173	1,333	0,060
Différences	+ 0,639	+ 0,078	+ 0,608	+ 0,003

Rapportant à l'unité :

	Carbone.	Hydrogène.	Oxigène.	Azote.
1 de froment contient	0,466	0,058	0,441	0,035
a produit 1,838	0,886	0,105	0,810	0,057
Différences	+ 0,420	+ 0,047	+ 0,369	+ 0,022

Ainsi, après trois mois de culture, le poids du froment a pour ainsi dire doublé. Le carbone, l'hydrogène et l'oxigène, sont aussi dans la récolte dans une proportion à peu près double : l'analyse indique un accroissement d'azote tout-à-fait insignifiant.

Les résultats obtenus avec le froment sont, relativement à la germination, analogues à ceux fournis par le trèfle ; il paraît constant que pendant ce phénomène il n'y a ni perte ni gain en azote.

J'ai réuni dans le tableau suivant, la composition du froment aux différentes époques de germination et de végétation.

ÉTAT de la graine de froment.	Poids de la graine germée cultivée.	Différences en poids.	Carbone.	Différences en carbone.	Hydrogène.	Différences en hydrogène.	Oxigène.	Différences en oxigène.	Azote.	Différences en azote.
Froment	1,000		0,466		0,058		0,441		0,035	
Germé, 1re période. .	0,974	—0,026	0,458	—0,008	0,057	—0,001	0,423	—0,018	0,036	+0,001
Germé, 2e période . .	0,966	—0,008	0,439	—0,019	0,057	0,000	0,434	+0,011	0,036	0,000
Germé, 3e période . .	0,841	—0,125	0,397	—0,042	0,051	—0,006	0,357	—0,077	0,036	0,000
Cultivé, 2 mois. . . .	1,462	+0,621	0,724	+0,327	0,094	+0,043	0,612	+0,255	0,032	—0,004
Cultivé, 3 mois. . . .	1,838	+0,376	0,886	+0,162	0,105	+0,011	0,810	+0,198	0,037	+0,005

Comme les expériences sur le froment ont été faites exactement dans les mêmes circonstances que celles qui concernent le trèfle, puisqu'on a cultivé ces deux plantes dans la même pièce, et qu'elles ont été arrosées l'une et l'autre avec la même eau ; on a même poussé l'égalité de conditions, jusqu'à semer les graines dans des vases pré-

sentant des surfaces égales ; on conçoit qu'il ne reste plus aucun motif plausible pour craindre que les poussières de l'atmosphère aient contribué à porter de l'azote dans les récoltes de trèfle, car il tombe sous le sens que ces poussières auraient dû agir également sur les récoltes de froment.

En résumant les faits contenus dans ce Mémoire, on trouve :

1° Qu'en germant, le trèfle et le froment ne gagnent ni ne perdent une quantité d'azote qui soit indiquée par l'analyse ;

2° Que pendant la germination, ces graines perdent du carbone, de l'hydrogène et de l'oxigène, et que chacun de ces élémens, ainsi que le rapport suivant lequel les pertes ont lieu, varient aux différentes époques de la germination ;

3° Que durant la culture du trèfle dans un sol absolument privé d'engrais, et sous la seule influence de l'air et de l'eau, cette plante prend du carbone, de l'hydrogène, de l'oxigène et une quantité d'azote appréciable par l'analyse ;

4° Que le froment, cultivé exactement dans les mêmes conditions, emprunte également à l'air et à l'eau du carbone, de l'hydrogène et de l'oxigène, mais qu'après la culture de cette céréale, l'analyse n'a pu constater un gain ou une perte en azote.

Des faits que je viens de résumer, peut-on conclure définitivement que le froment ne possède pas la faculté de fixer une certaine quantité d'azote, soit en la puisant directement dans l'atmosphère ou dans l'eau aérée qui sert à l'arroser ? non sans doute. Il est possible que par

une culture suffisamment prolongée, les parties vertes du froment eussent pu, comme celles du trèfle, s'assimiler de l'azote. Le froment n'a pas aussi bien supporté que le trèfle les conditions défavorables de culture dans lesquelles ces deux plantes ont été placées; à l'âge de 5 ou 6 semaines, plusieurs de ses feuilles commencèrent à jaunir; l'alongement extraordinaire de ses racines prouve assez que ces organes se multipliaient dans le but de rencontrer dans le sable une nourriture qui ne s'y trouvait pas.

On sait que c'est presque exclusivement à la fécondité du terrain dans lequel lèvent les semences, qu'il faut attribuer la force et la vigueur des jeunes plants. Schwartz a parfaitement constaté, par exemple, que les jeunes colzas épuisent d'une manière surprenante le sol dans lequel on les élève, pour les transplanter. Les cultures que j'ai établies dans le sable en sont une nouvelle preuve; après trois mois de végétation, le trèfle se trouvait beaucoup moins avancé que ne l'était au bout de 15 ou 18 jours, celui qui avait levé dans un terrain fumé et gypsé.

L'influence de cette première nourriture, puisée dans le sol, doit s'étendre sur l'organisation des feuilles; et l'on comprend qu'une plante qui a langui dans sa première jeunesse, ne peut acquérir une organisation parfaite; par cela même les fonctions qu'elle est appelée à exercer dans l'atmosphère doivent s'en ressentir et agir avec beaucoup moins d'énergie.

On voit par là l'intérêt qu'il peut y avoir à reprendre les expériences qui font le sujet de ce Mémoire, non plus avec des graines levées dans un sol absolument stérile,

mais bien en employant des plantes vigoureusement organisées, afin d'examiner quelle serait leur action sur l'atmosphère. Ce sera là le sujet d'un prochain travail que j'entreprendrai aussitôt que la saison le permettra, et en continuant à m'aider du secours de l'analyse organique.

Études chimiques sur le Sang humain (1);

Thèse soutenue à la Faculté de Médecine de Paris,

PAR M. L.-R. LECANU,

Docteur en médecine, professeur titulaire à l'École de Pharmacie.

Analyse.

La thèse que nous analysons ici est divisée en quatre parties.

La première a pour objet la recherche, chez l'homme sain, du nombre, de la nature et du mode d'arrangement des principes immédiats du sang veineux.

La deuxième, la détermination, dans des conditions différentes de sexe, d'âge, de tempérament et de nourriture, de la proportion de ces mêmes principes immédiats.

---

(1) Cette thèse se trouve chez Germer-Baillière, rue de l'École-de-Médecine.

La troisième traite du sang artériel par comparaison avec le sang veineux.

La quatrième, enfin, est consacrée à l'examen du sang à l'état pathologique.

Nous allons exposer le plus sommairement qu'il nous sera possible les faits consignés dans ces quatre parties.

PREMIÈRE PARTIE.

La composition chimique du sang des veines du pli du bras, que l'on a constamment prise pour type du sang veineux, pour la raison que le sang artériel de la main ne traverse aucun organe de sécrétion avant d'arriver à ces veines, est fort compliquée. D'après les analystes, dont M. Lecanu rappelle les résultats dans un tableau qui indique d'un seul coup d'œil et le nom de l'analyste, et la date de son travail, il ne renfermerait pas moins de quarante-quatre matières différentes, abstraction faite de l'eau.

Mais l'auteur, par la discussion, réduit leur nombre à vingt-cinq, qui sont, 1° l'oxigène, 2° l'azote, 3° l'acide carbonique libre, 4° le fer; 5°, 6°, 7° les hydrochlorates de soude, de potasse, d'ammoniaque; 8° le sulfate de potasse; 9°, 10°, 11° les sous-carbonates de soude, de chaux, de magnésie; 12°, 13°, 14° les phosphates de soude, de chaux, de magnésie; 15° le lactate de soude; 16° le savon à base de soude et à acides gras fixes; 17° le sel à acide gras volatil odorant; 18° la matière grasse phosphorée; 19° la cholestérine; 20° la séroline; 21° la fibrine; 22° l'albumine; 23° la matière colorante jaune;

24° la matière colorante rouge ; 25° les matières extractives.

En effet, dit-il, l'hydrosulfate d'ammoniaque, l'acétate et le benzoate de soude, que Proust admettait dans le sang sain, sont universellement considérés comme des produits de l'altération du fluide primitif ; et malgré des désignations différentes, l'osmazôme de M. Denis, les matières extractives de M. Berzélius, les matières muco-extractives de M. Marcet, semblent être essentiellement identiques, etc., etc., etc.

L'auteur, qui s'est contenté de nommer les autres principes immédiats, plus ou moins bien décrits, que contient le sang veineux, a cru, au contraire, devoir faire de la matière colorante rouge l'objet de nouvelles recherches. A cet égard, après avoir rappelé que, d'après MM. Berzélius et Engelhart, et lui-même (dans un précédent travail), la matière colorante rouge du sang serait inhérente au fer, de telle sorte qu'on ne pourrait l'obtenir exempte de ce métal ; tandis que, d'après Vauquelin, MM. Brande et Sanson, l'on pourrait obtenir le fer et la matière colorante séparément ; il fait voir que cette divergence d'opinions provient uniquement de ce que les trois derniers chimistes n'ont pas étudié leurs matières colorantes dans les conditions véritablement favorables à la démonstration du fer qu'elles pouvaient contenir. Si l'on opère dans les conditions signalées par M. Berzélius, notamment si l'on recherche le fer dans le produit de leur incinération, on constate aisément la présence de ce métal dans les matières colorantes de Vauquelin, de MM. Brande et Sanson. L'intime connexion de ces deux

corps est encore appuyée par les résultats suivans dus à M. Lecanu.

Lorsqu'on fait bouillir sur du sang desséché à l'étuve de l'alcool additionné d'acide sulfurique, l'on obtient d'une part un résidu albumineux complétement privé de fer; et d'autre part, des liqueurs brunes, chargées de matière colorante, très riche en fer, et d'un beau rouge de sang sous l'influence des alcalis.

Lorsque l'on traite du sang desséché par l'acide acétique faible et bouillant, l'on dissout les matières albumineuses, et la matière colorante ferrifère reste pour résidu sous forme de masse noirâtre que l'ammoniaque colore immédiatement en rouge en la dissolvant.

Comme d'ailleurs, d'après ce que l'on sait de l'impossibilité absolue où l'on est de séparer complétement le sérum du caillot par la seule décantation et par la seule imbibition, et aussi de la manière de se comporter de l'albumine avec les acides et la chaleur, il était tout-à-fait rationnel de penser que les matières colorantes de MM. Brande, Berzélius, Engelhart, Denis, Vauquelin, contenaient de l'albumine, l'auteur a cherché à l'y démontrer. Il y est parvenu par une expérience très simple, qui consiste à traiter ces matières par l'alcool sulfurique bouillant. L'alcool acide se charge de la partie colorante et laisse l'albumine pour résidu.

C'est à la présence de l'albumine en grande proportion que les matières colorantes des chimistes précités doivent d'offrir une analogie des plus prononcées avec cette substance; car, à l'état de pureté, la matière colorante rouge du sang en diffère essentiellement.

Pour obtenir cette matière colorante à laquelle M. Le-

canu restitue le nom d'hématosine; depuis long-temps proposé par M. Chevreul, il verse goutte à goutte, dans du sang, de l'acide sulfurique, jusqu'à ce que le mélange, que l'addition de l'acide colore en brun, se prenne en masse. Il délaie le magma formé dans l'alcool, uniquement destiné à lui faire éprouver une sorte de retrait qui permette de le comprimer, l'enferme dans un linge et l'y comprime. Le résidu, de couleur brune, est divisé et traité par l'alcool bouillant, avec le soin d'aciduler légèrement les dernières liqueurs, jusqu'à ce que l'alcool cesse de se colorer : de là,

1° Un abondant résidu blanc;
2° Des solutions d'un brun rougeâtre.

Ces solutions sont abandonnées à elles-mêmes, filtrées après leur entier refroidissement, qui détermine la séparation d'un léger dépôt albumineux; sursaturées par l'ammoniaque, filtrées de nouveau pour isoler la majeure partie du sulfate d'ammoniaque formé, et quelque peu encore d'albumine; enfin, distillées à siccité.

Le résidu de cette distillation, essentiellement formé de matière colorante, de matières extractives, grasses et salines, est successivement épuisé par l'eau, l'alcool; l'éther, de toutes ses parties solubles, repris par l'alcool contenant cinq pour cent environ d'ammoniaque liquide. L'on filtre, l'on distille ou l'on évapore, et le nouveau résidu, lavé à l'eau distillée, puis séché, constitue la matière colorante pure.

L'hématosine est solide, sans odeur, sans saveur, d'un éclat métallique et d'un noir rougeâtre qui rappellent l'aspect de l'argent rouge des minéralogistes, au moins

quand elle est obtenue par l'évaporation au bain-marie de sa solution alcoolique ammoniacale.

L'eau, l'alcool faible et concentré, l'éther sulfurique, l'éther acétique, l'huile essentielle de térébenthine, ne la dissolvent ni à chaud, ni à froid.

L'eau, l'alcool et l'éther acétique, chargés d'une très minime quantité d'ammoniaque de potasse ou de soude caustique, la dissolvent aisément et se colorent en rouge de sang.

L'alcool, légèrement aiguisé d'acide hydrochlorique ou sulfurique, la dissout également, mais se colore en brun.

L'alcool à 22° la dissout à la faveur du sulfate de soude.

L'eau la précipite en totalité de ses dissolutions alcooliques acides, et le dépôt, parfaitement lavé, présente toutes les propriétés de la matière mise en expérience, sans d'ailleurs retenir d'acide.

L'eau ne la précipite pas de sa dissolution alcoolique ammoniacale.

Si l'on mêle sa dissolution alcoolique acide avec une dissolution de sulfate d'albumine dans l'alcool faible, et si l'on sursature, la presque totalité de la matière colorante se précipite avec l'albumine sous forme de flocons d'un beau rouge, en formant avec elle une sorte de laque.

La globuline de M. Lecanu était évidemment, dit-il, une combinaison de ce genre.

Le chlore, que l'on fait passer au travers de l'eau qui la tient en suspension, la détruit. Des flocons blancs, insolubles dans l'eau, solubles dans l'alcool, se précipi-

tent, et le liquide surnageant se charge de fer sensible aux réactifs.

L'acide sulfurique concentré ne la dissout pas; il l'altère profondément, lui enlève du fer, et la convertit presque en totalité en une matière noire, ferrifère, insoluble dans l'alcool ammoniacal et dans l'alcool sulfurique.

L'acide sulfurique affaibli ne la dissout également pas. Il lui enlève aussi du fer, mais la convertit partiellement en une matière nouvelle, soluble dans l'alcool et dans l'éther, qu'elle colore en rougeâtre, et de laquelle la calcination et l'incinération permettent de séparer beaucoup de fer.

La manière dont elle se comporte avec l'acide sulfurique rend raison de la très petite quantité de matière colorante que le procédé de M. Sanson permet d'obtenir, et prouve de plus que ce procédé ne peut fournir qu'un produit altéré.

L'acide nitrique concentré la dissout en se colorant en brun.

A chaud, la matière organique est bientôt complétement détruite.

Brûlée par l'acide nitrique ou par le nitrate de potasse, elle ne fournit ni acide phosphorique, ni acide sulfurique : preuve qu'elle ne contient ni phosphore, ni soufre.

Distillée en vase clos, elle se décompose sans se fondre, dégage des vapeurs ammoniacales, produit une huile empyreumatique rouge, et laisse pour résidu un charbon brillant.

Par l'incinération de ce charbon, on obtient des cendres exclusivement formées de peroxide de fer.

100 parties d'hématosine extraite du sang d'individus différens, ont fourni, à quatre reprises, dix parties de peroxide.

L'homogénéité de la substance mise en expérience résultait, dit l'auteur, des proportions constantes de peroxide qu'on en retirait par la calcination.

Quant à savoir sous quel état ce fer s'y trouve, il lui semble, avec M. Berzélius, que l'idée la plus rationnelle est d'admettre que le fer s'y trouve à l'état métallique, qu'il constitue un de ses élémens, de même que le phosphore constitue un des élémens de la matière grasse du cerveau; et il appuie sa manière de voir de considérations nombreuses.

M. Lecanu a examiné comparativement l'hématosine d'homme, de bœuf, de cheval, de poulets, de canards, de grenouilles, de carpes, de maquereaux; il est résulté de cet examen qu'elle présente des propriétés physiques et chimiques essentiellement identiques dans les animaux de ces différentes classes; ce qui le conduit à faire observer que, contradictoirement à l'opinion précédemment émise par M. Morin, l'on ne saurait admettre, dans des cas de médecine légale, la possibilité de distinguer, sur du linge ou sur des vêtemens, des taches produites par du sang d'homme de taches produites par du sang de poisson.

Passant de l'indication de la nature des principes immédiats du sang à la recherche de leur mode d'arrangement, l'auteur étudie isolément le sérum et les globules.

Dans le premier, tel qu'on se le procure après l'acte de la coagulation spontanée, il retrouve les principes dont nous avons précédemment annoncé l'existence dans

le fluide sanguin, moins la fibrine, moins l'hématosine, mais plus des acides oléique et margarique libres ; ce qui porte à vingt-sept le nombre de ses principes immédiats bien connus.

Dans les globules, sur la constitution chimique desquels l'on était jusqu'alors si peu d'accord, puisque M. Denis les confondait avec l'hématosine elle-même, puisque M. Müller les croyait formés d'une enveloppe rouge et d'un noyau central incolore, de nature inconnue; MM. Home, Dumas et Prévost, d'un sphéroïde central de fibrine que l'hématosine enveloppe sous forme de vessie; M. Donné, d'un canevas fibreux dans les mailles duquel se trouvaient engagées de l'albumine et de l'hématosine, M. Lecanu constate la présence de la fibrine, de l'hématosine et de l'albumine.

L'expérience au moyen de laquelle il est parvenu à isoler les globules, nous semble mériter d'être rapportée.

Il fait arriver directement le jet de sang dans un flacon en partie rempli de solution saturée de sulfate de soude, il agite de manière à mélanger les deux liquides, mais avec précaution, afin de ne pas déchirer les globules. Le mélange est abandonné à lui-même, dans un lieu frais, pendant quelques heures. Au bout de ce temps, il s'est partagé en deux couches, l'une, supérieure, liquide, peu ou point rosée; l'autre, inférieure, épaisse, rouge de sang, laissant apercevoir lorsqu'on l'agite un nombre considérable de petits corpuscules globulaires.

En filtrant, le liquide, mélange de sérum et de solution saline, traverse rapidement le papier; les globules restent à sa surface, et y forment un magma de couleur rouge de sang artériel en dessus, de couleur de sang

caillé en dessous. Ce magma se comporte avec la plupart des réactifs comme le fait le caillot ordinaire. Par exemple, mis en contact avec l'alcool sulfurique bouillant, il est partagé en albumine et en hématosine.

Mis en contact avec une dissolution saturée de sulfate de soude, il ne s'y dissout pas, ne la colore même pas, si l'on évite d'agiter. Mais pour peu qu'on agite, et à plus forte raison si l'on triture le dépôt avec la solution saline, il la colore en beau rouge de sang en laissant un résidu membraneux incolore.

Si l'on remplace la solution saline par l'eau pure, le dépôt se gonfle, le mélange acquiert la consistance, l'aspect de la gelée de groseilles; et quand la proportion d'eau est considérable, on voit bientôt le liquide se colorer en rouge de sang, et des membranes blanches, chimiquement identiques à la fibrine, d'abord y nager, puis se déposer : ces expériences démontrent par conséquent, d'une manière incontestable,

1° Que les globules du sang sont complexes;

2° Qu'ils renferment au moins trois substances différentes : de l'hématosine, de la fibrine, de l'albumine.

DEUXIÈME PARTIE.

Dans la deuxième partie de sa thèse, l'auteur s'est proposé de déterminer, dans des conditions normales différentes, la proportion des principes immédiats du sang veineux.

S'aidant tout à la fois des analyses quantitatives du sérum antérieurement publiées par MM. Berzélius, Marcet, Lassaigne, Dumas, Prévost et lui;

Des analyses quantitatives du sang, publiées par MM. Dumas et Prévost, par M. Denis et par lui;

Et aussi des expériences à l'aide desquelles il a pu déterminer la proportion de la fibrine et celle de l'hématosine,

Il a été conduit à admettre qu'à l'état normal le sang veineux de l'homme peut être considéré comme formé, terme moyen, de :

Sérum	869,1547
Globules.	130,8453
	1000,0000

Ou de :

Eau.	790,3707
Oxigène Azote Acide carbonique Matières extractives Graisse phosphorée Cholestérine Sérotine Acide oléique libre Acide margarique libre Hydrochlorate de soude Hydrochlorate de potasse Hydrochlorate d'ammoniaque Carbonate de soude Carbonate de chaux Carbonate de magnésie Phosphate de soude Phosphate de chaux Phosphate de magnésie Sulfate de potasse Lactate de soude Sel à acides gras fixes Sel à acides gras volatils Matière colorante jaune	10,9800
Albumine du sérum.	67,8040
Globules.	130,8453
	1000,0000

Les globules, à leur tour, étant représentés par :

Fibrine	2,9480
Hématosine	2,2700
Albumine.........	125,6273
	130,8453

On observera, toutefois, que la composition du sang, même à l'état normal, offre des différences telles, qu'on ne doit admettre un changement dans la proportion relative de ses matériaux constitutifs, sous l'influence de causes quelconques, qu'autant que ces différences sont constatées par de nombreuses analyses comparatives, ou du moins sont extrêmement tranchées.

Ainsi, cette composition varierait :

de 805,263 à 778,625	de 14,000 à 8,870	de 78,120 à 67,890	de 148,450 à 115,850
Pour l'eau.	Pour les matières salines, extractives et grasses.	Pour l'albumine du sérum.	Pour les globules.

D'après M. Lecanu, les différences que présente, dans sa constitution, le sang d'individus différens par le sexe, l'âge, le tempérament, le mode de nourriture, portent principalement et presque exclusivement (dans l'état actuel de la science) sur les proportions relatives de sérum et de globules ; c'est-à-dire, sur celles de la partie liquide et de la partie solide en suspension dont la réunion constitue le sang vivant.

Plus forte chez l'homme que chez la femme,
— les sanguins que chez les lymphatiques,
— les adultes que chez les enfans et que chez les vieillards,

— les individus bien nourris que chez les individus mal ou peu nourris ;

de même que déjà MM. Dumas et Prevost l'avaient trouvée plus forte chez les oiseaux que chez les autres animaux,

— les carnivores que chez les herbivores ;

et contrairement, plus faible chez les animaux à sang froid que chez tous les autres.

La proportion des globules semble, par cela même, pouvoir servir de mesure à l'énergie vitale.

Résultat d'une extrême importance, surtout en présence de ce que MM. Dumas et Prevost ont appris de l'action toute différente qu'exerce sur le système nerveux le sérum, qui l'excite à peine, et les globules, qui l'excitent violemment.

Par une singulière coïncidence, ajoute l'auteur, d'après M. Denis, toute cause qui tend à diminuer la masse du sang, semble tendre en même temps à diminuer la proportion relative des globules en augmentant celle de l'eau ; de telle sorte que l'influence de ces causes a pour résultat d'amener, et la moindre plénitude des vaisseaux sanguins, et l'appauvrissement, la fluidité du sang qu'ils renferment ; chez la femme, les pertes utérines ; chez les deux sexes, les saignées, la diète des alimens solides, produisent notamment ce double effet.

Mais les boissons aqueuses ne paraissent produire de semblables résultats qu'avec une extrême lenteur, si même elles les produisent.

TROISIÈME PARTIE.

L'auteur, dans cette partie de son travail, rappelle les très nombreux résultats qu'ont publiés sur le sang artériel et veineux comparés, Sendamore, Krimer, Davy, Coleman, Cooper, Martini, Boisier, Humberger, Kœnig, Berthold, Thackrak, Prevost, Dumas, Gendrin, Denis, Letellier, Magnus, Michaëlis, Marçet, Macaire et autres.

Il conclut de ces résultats, éclairés les uns par les autres, et de ceux qui lui sont propres,

1° Que le sang artériel est d'un rouge plus vermeil, d'une odeur plus prononcée que le sang veineux;

2° Qu'il paraît offrir plus de tendance à la coagulation, indice d'une plus grande proportion de globules;

3° Qu'il paraît fournir un caillot plus volumineux, plus ferme, partant une moindre quantité de sérum, indice encore d'une plus grande proportion de globules;

4° Qu'il paraît contenir proportionnellement moins d'eau et plus de matières fixes, ce qui implique l'idée d'une plus grande densité;

5° Et aussi plus de globules;

6° —— plus de fibrine;

7° —— une somme d'albumine de matières extractives, salines et grasses, sensiblement égale à celle du sang veineux;

8° —— plus d'oxigène libre, proportionnellement à son acide carbonique;

9° —— moins de carbone et plus d'oxigène combinés.

QUATRIÈME PARTIE.

La quatrième partie est exclusivement consacrée à l'examen du sang malade. Il y est successivement fait mention des résultats fournis par l'analyse :

Du sang d'enfans attaqués de l'induration du tissu cellulaire,
——— des règles,
——— dans l'hématurie,
——— la scarlatine,
——— la fièvre continue,
——— le scorbut,
——— le diabète,
——— l'ictère,
——— la pleuro-pneumonie bilieuse,
——— le choléra,
——— la fièvre jaune,
——— typhoïde,
——— les affections du cœur,
——— la chlorose;
enfin, par l'analyse du sang laiteux.

Nous n'entrerons pas dans les détails de ces expériences, comme on le voit, singulièrement nombreuses; nous nous contenterons de reproduire les conséquences générales auxquelles elles ont conduit. Les voici :

1° Le sang des règles contient du mucus, que ne contient pas le sang normal (Denis);

2° Chez les enfans attaqués de l'induration du tissu cellulaire, l'albumine est dans un état particulier, ou se

trouve remplacée par une matière spontanément coagulable (Chevreul);

3° Dans l'hémoptysie, la scarlatine, le sang contient proportionnellement plus de globules et moins d'eau qu'il n'en contient à l'état normal (Denis, Lecanu);

4° Dans le diabète, l'ictère, les fièvres typhoïdes, les affections du cœur, la chlorose, le sang contient proportionnellement moins de globules et plus d'eau qu'il n'en contient à l'état de santé (Lecanu);

5° Dans le diabète sucré, il ne contient pas, ainsi qu'on l'aurait pu penser, la matière sucrée que contiennent les urines (Vauquelin, Ségalas, Oss Henri, Soubeiran);

6° Dans l'ictère, il renferme les principes colorans jaune et bleu de la bile; mais on n'y retrouve ni la bile elle-même, ni son principe essentiellement caractéristique, le picromel (Thenard, Chevreul, Orfila, Collard de Martigny, Lassaigne, Félix Boudet, Lecanu);

7° Dans le choléra, il renferme une proportion de matières fixes infiniment plus forte que dans l'état normal. Il doit cette augmentation de matières fixes à la déviation du sérum qui passe dans les selles et ailleurs sans doute, et non à la production d'une plus grande quantité de globules (O'Schaughuessy, Lassaigne, Lecanu, etc., etc.);

8° Dans les affections du cœur, il semblerait que la saignée modifie l'organisme de manière à augmenter la quantité proportionnelle des globules du sang, à diminuer celle de l'eau, contrairement à ce qui a lieu dans les maladies inflammatoires (Lecanu);

9° Le sang vulgairement désigné sous le nom de *sang*

laiteux, doit, le plus ordinairement, sa lactescence tout à la fois à l'interposition d'une matière grasse de nature variable, et à la disparition des globules rouges (Lassaigne, Christison, Zanarelli, Lecanu).

D'une manière plus générale, dans la pléthore et les maladies inflammatoires, la proportion des globules est plus forte, et la proportion d'eau plus faible qu'à l'état de santé. Contrairement, dans l'anémie et les maladies adynamiques, la proportion des globules est plus faible, la proportion d'eau plus forte qu'à l'état de santé.

De là, l'explication des avantages que présentent :

Dans le premier cas, les saignées, les applications de sangsues, la diète des alimens solides, l'emploi des alimens peu azotés, des boissons délayantes, rafraîchissantes, de tous les moyens enfin qui diminuent la masse du sang, et tout ensemble sa masse et la proportion relative de ses globules.

Dans le second cas, un traitement diamétralement opposé, une alimentation azotée, des boissons stimulantes, fortifiantes; en un mot, tout ce qui peut favoriser les fonctions des organes respiratoires et digestifs.

Mémoire sur le Sulfure d'Azote et sur le Chloride de Soufre ammoniacal ;

PAR E. SOUBEIRAN.

J'ai découvert le sulfure d'azote et plusieurs composés nouveaux, en étudiant l'action du chloride hyposulfureux sur l'ammoniaque gazeuse. Comme l'histoire de ces corps se lie en plusieurs points, j'exposerai d'abord, pour plus de clarté, la composition des principaux d'entre eux (1).

1° *Sulfure d'azote.* Il est formé d'un atome d'azote et de trois atomes de soufre.

2° *Chlorure de soufre ammoniacal* (chloro-sulfure ammoniacal, chloro-hyposulfite d'ammoniaque). Il résulte de l'union d'un atome de chlorure de soufre avec un atome d'ammoniaque.

3° *Chlorure de soufre biammoniacal* (chloro-sulfure biammoniacal, chloro-hyposulfite biammoniacal). Il ren-

---

(1) Je dois prévenir en commençant ce mémoire que ce que j'appelle atome pour le chlore, l'azote, l'hydrogène, est l'atome double de Berzélius (Cl = 442,85, Az = 177,03, H = 12,479). C'est le nombre atomique qui se déduit des considérations d'isomorphisme ; c'est l'équivalent électrochimique ; c'est l'équivalent chimique. L'atome d'un poids moitié moindre qui est déduit des considérations de volumes est à mes yeux fort éloigné d'avoir la même probabilité en sa faveur. J'appelle atome d'ammoniaque l'équivalent de cette base, formé de deux volumes d'azote et six volumes d'hydrogène, et qui pèse 214,47.

ferme deux fois autant d'ammoniaque que le précédent.

4° *Chloro-sulfure sulfazotique.* Il est formé d'un atome de chlorure de soufre et d'un atome de sulfure d'azote; c'est le chlorure de soufre ammoniacal dans lequel l'ammoniaque est remplacée par le sulfure d'azote.

Un seul de ces composés était connu, c'est le second; encore M. Martens n'en avait-il fait qu'une étude rapide et presque purement théorique.

L'action du chlorure de soufre (chloride hyposulfureux) sur l'ammoniaque est des plus vives. J'ai éprouvé les plus grandes difficultés à la régulariser; je n'y suis arrivé que par une observation attentive des phénomènes, qui m'a permis de maîtriser l'opération et de lui faire donner des produits d'une composition constante et tranchée.

L'appareil dont je me sers se compose d'une cornue en grès qui contient un mélange de sel ammoniac et de chaux éteinte. De cette cornue part un tube qui s'enfonce dans une éprouvette, au fond de laquelle est une petite couche d'eau : le tube n'y plonge que fort peu. Cette disposition permet de juger à chaque instant de la quantité de gaz ammoniac qui passe, et de régler la vitesse du dégagement, suivant le besoin de l'opération. Au sortir de l'éprouvette, le gaz est forcé de traverser un très long tube horizontal rempli de fragmens de potasse caustique; il s'y dessèche, et il arrive, au moyen d'un tube en verre courbé à angle droit, dans un récipient formé d'un grand bocal en verre d'une capacité de 20 à 25 litres. Ce bocal est recouvert par une plaque de verre, ou plus simplement par une ardoise coupée en deux morceaux que l'on rapproche à côté l'un de l'autre pour couvrir le

récipient pendant l'opération. L'un des morceaux est percé d'un trou rond, et donne passage au tube qui amène le gaz ammoniac, et qui descend le long de la paroi latérale du bocal de verre ; il doit plonger jusque vers le fond du récipient. L'autre plaque d'ardoise porte sur son bord intérieur une petite fente qui se trouve ainsi occuper le centre du couvercle d'ardoise, et par suite le centre de l'appareil lui-même. Cette fente est destinée à supporter un appareil qui se compose d'une petite plaque d'ardoise suspendue par les quatre coins au moyen de fils cirés, dont les bouts réunis sont passés par la fente centrale du couvercle, et y sont retenus par une petite baguette placée en travers : toute cette partie de l'appareil se trouve ainsi suspendue au centre du récipient, comme une sorte de lustre que l'on peut, avec facilité, ôter ou remettre en écartant un peu la moitié du couvercle qui le supporte. Sur la plaque intérieure, je pose six de ces petits godets en porcelaine épaisse, dont les coloristes se servent pour délayer leurs couleurs. L'appareil étant ainsi disposé, on entretient un dégagement régulier de gaz ammoniac ; et quand on juge que le récipient est en grande partie rempli, on verse sur chaque godet quelques gouttes de chlorure de soufre (S Cl), et on les introduit rapidement dans le récipient que l'on recouvre aussitôt. A peine le chlorure de soufre est-il dans l'atmosphère ammoniacale, que l'on voit apparaître des vapeurs extrêmement épaisses qui remplissent le vase. Quand ces vapeurs se sont déposées en grande partie, ce que l'on reconnaît à ce que l'on aperçoit distinctement à travers le récipient le petit appareil qui s'y trouve suspendu, on enlève celui-ci, on retire les godets, et on les

remplace par des godets nouveaux, sur lesquels on verse encore quelques gouttes de chlorure de soufre, et l'on recommence l'opération ; on continue ainsi, aussi longtemps qu'on le désire.

Si l'opération a été bien conduite, les parois et surtout le fond du récipient sont remplis d'un dépôt floconneux et très léger, d'une couleur jaunâtre sale. Quand on juge que la quantité en est suffisante, on enlève l'appareil à godets et le tube qui amenait le gaz ammoniac ; et tandis que l'appareil est bien rempli d'ammoniaque, on le recouvre avec une plaque de verre, en ayant la précaution de boucher toutes les fissures avec un peu de lut de pâte d'amandes. Le lendemain, on trouve que le dépôt a pris une couleur d'un jaune pur. On débouche le vase, on chasse le gaz ammoniac par un courant d'air ; on retire la matière jaune que l'on étale en couches minces à l'air, où elle perd, en quelques momens, son odeur ammoniacale.

Cette matière est une combinaison de chlorure de soufre et d'ammoniaque : c'est celle que j'ai désignée sous le nom de *chlorure de soufre biammoniacal*.

L'opération qui fournit ce composé est longue et minutieuse. J'ai appris à mes dépens, et par bien des essais infructueux, à n'en négliger aucun détail. La réussite de l'opération en dépend tout-à-fait.

La première difficulté que l'on rencontre est la préparation d'un chlorure de soufre saturé. Peu de chimistes se font une juste idée de la peine que l'on éprouve à faire disparaître les dernières portions du protochlorure : déjà M. Dumas l'avait signalée lors de ses recherches sur la vapeur de ce corps.

Je me suis bien trouvé de la méthode suivante : quand

tout le soufre a été liquéfié par le chlore, je fais arriver pendant plusieurs jours un courant de chlore sec qui sort dans le liquide par un tube effilé à son extrémité. Je place ensuite ce chlorure dans une cornue tubulée, qui plonge dans une chaudière pleine d'eau, et qui communique avec une alonge et un ballon refroidi. J'entretiens l'eau du bain-marie à 60 degrés, et je fais en même temps passer dans le liquide un courant de chlore, de manière à volatiliser le chlorure de soufre à une température plus basse que son point d'ébullition, et dans une atmosphère de gaz chlore.

Dans la préparation du chlorure de soufre ammoniacal, il est important que la matière ne s'échauffe pas; il en résulterait une décomposition plus profonde, un dégagement d'azote et une précipitation de soufre. C'est pour éviter autant que possible cette élévation de température que l'on doit opérer dans un vaste récipient, partager le chlorure de soufre dans des capsules épaisses, et n'en employer que de très petites quantités à la fois. Pour la même raison, on doit, à chaque fois, mettre le chlorure de soufre sur des capsules nouvelles, celles que l'on sort de l'appareil s'étant toujours un peu échauffées. Si l'opération est bien conduite, le récipient ne doit pas s'échauffer d'une manière notable.

Une autre condition de succès, c'est que l'ammoniaque soit toujours en excès par rapport au chlorure de soufre. Il ne se forme alors que cette matière floconneuse, d'un jaune sale, dont j'ai parlé, qui se transforme au contact du gaz ammoniac en chlorure de soufre biammoniacal jaune. Si l'ammoniaque vient à manquer dans le récipient, soit parce que le courant de gaz s'est ralenti, soit

parce que le chlorure de soufre a été introduit en trop grande quantité, s'est échauffé et s'est volatilisé rapidement, on voit apparaître de nouveaux produits, savoir : une matière bleue et une matière rouge qu'un excès d'ammoniaque transforme ensuite plus difficilement en chloro-sulfure jaune. A une époque où je n'avais pas encore réduit à quelques gouttes la quantité du chlorure de soufre placée sur les godets, ces produits divers se sont presque toujours formés en même temps sur les verres de montre qui me servaient à recevoir le chlorure. On les voyait séparés sous la forme de zônes bleues, rouges et vertes, séparées les unes des autres. Presque toujours aussi un peu de sel ammoniacal restait sur le verre, et contrastait par sa couleur blanche avec les nuances tranchées des autres produits.

Si l'on introduit du chlorure de soufre dans le récipient, alors que celui-ci ne contient que fort peu d'ammoniaque, et qu'on ne fasse d'ailleurs arriver ce gaz que bulle à bulle, il se produit au premier moment un peu de matière verdâtre ; mais bientôt des flocons d'un rouge brun remplissent le récipient. Dans cette expérience, où le chlorure de soufre est en excès par rapport à l'ammoniaque, on obtient pour produit le chlorure de soufre ammoniacal signalé par M. Martens. Ce chimiste l'a appelé *chlorosulfate* d'ammoniaque, dénomination que je n'adopterai pas, car elle donne l'idée fausse de la présence d'un chlorure de soufre correspondant à l'acide sulfurique. Le nom de *chloro-hyposulfite* d'ammoniaque serait plus exact. J'appellerai plus simplement ce corps *chlorure de soufre ammoniacal.*

Comme le sulfure d'azote se produit par la décompo-

sition des corps précédens, il est assez naturel de n'en tracer l'histoire que plus tard. Je dois cependant appuyer ici sur ses deux caractères essentiels, savoir : 1° sa composition : il est formé d'un atome d'azote et de trois atomes de soufre; 2° son action sur l'eau : il s'y transforme en ammoniaque et en acide hyposulfureux, lentement quand on le prend à l'état isolé; mais instantanément, s'il sort de combinaison au milieu d'une liqueur aqueuse.

Chlorure de soufre biammoniacal.

Nous avons vu que le chlorure de soufre biammoniacal se produit quand l'ammoniaque en excès agit sur le chlorure de soufre; dans des circonstances telles que l'action soit lente et que la température s'élève à peine.

Pour déterminer la composition de ce corps, j'en ai pesé un certain poids que j'ai fait digérer dans de l'eau chaude; j'ai reçu sur un filtre un peu de soufre qui ne pouvait se dissoudre, et j'ai cherché, dans des quantités différentes de liqueurs, la proportion de chlore et celle du soufre.

Pour déterminer le chlore, la liqueur était précipitée par un petit excès de nitrate acide d'argent, qui formait un précipité de chlorure et de sulfure argentique. Celui-ci, lavé et repris par l'ammoniaque liquide, donnait une dissolution dont le chlorure d'argent était précipité de nouveau par l'acide nitrique.

Le soufre fut trouvé en chauffant pendant quelques instans une autre portion de liqueur avec du chlorure de soude pur, afin de changer en sulfate l'hyposulfite

Troisième expérience.

Soufre de l'hyposulfite.....	0,700
Chlore................	1,542
Ammoniaque.............	1,480
Soufre libre.............	0,166
Sel ammoniac...........	0,112
	4,000

Ou

Soufre.......	201,16	1 at.
Chlore.......	442,65	1 at.
Ammoniaque..	425,30	2 at. (Th. 428,96)

On voit qu'abstraction faite de la petite quantité de soufre et de sel ammoniac que la matière tient à l'état de mélange, elle est formée de :

Chlore, 1 atome......	442,65
Soufre, 1 atome......	201,16
Ammoniaque, 2 atomes	428,96

Ou de

Chlorure de soufre, 1 atome...	643,81	55,93
Ammoniaque, 2 atomes	428,96	44,07
		100,00

Cependant, comme l'ammoniaque n'avait été trouvée que par soustraction, quelque soin que j'eusse apporté aux expériences, il pouvait rester quelques doutes sur la véritable nature du composé. Pour les lever, j'ai mélangé une portion de matière avec du cuivre métallique qui venait d'être chauffé au rouge dans un courant d'hydro-

gène, afin de désoxider complétement sa surface; ce mélange fut introduit dans un tube de verre, et une assez longue colonne de cuivre semblable fut placée en avant du mélange. Je décomposai une bonne quantité de matière pour chasser tout l'air atmosphérique, puis je portai le cuivre au rouge, et alors je continuai la décomposition. J'obtins en abondance un gaz formé d'une très petite quantité de gaz ammoniac, dont je me débarrassai par l'eau, et d'un mélange de gaz azote et d'hydrogène. 37 volumes 8/10 de ces derniers gaz, mélangés avec 22 volumes d'oxigène, et décomposés par l'étincelle électrique, perdirent 42 volumes 8/10, qui contenaient 28 volumes 5/10 d'hydrogène. Le gaz examiné était donc composé de 28,5 d'hydrogène et de 9 volumes 3/10 d'azote, c'est-à-dire dans le même rapport que l'ammoniaque. Les nombres que l'expérience a fournis se prêteraient encore à la supposition qui ferait regarder la matière jaune comme un mélange de sel ammoniac et d'un sulfure d'azote ammoniacal; mais cette supposition est démentie par l'extrême homogénéité de la matière jaune, par ses propriétés, par le fait que le sulfure d'azote ne se combine pas à l'ammoniaque, et par l'existence d'un premier degré de combinaison qui ne renferme qu'un atome d'ammoniaque et qu'une nouvelle quantité de cet alcali transforme en la matière jaune.

Le chlorure de soufre biammoniacal a une couleur jaune citron clair. Il n'a pas d'odeur; abandonné à lui-même, il laisse bientôt dégager un peu d'ammoniaque; mais la proportion qu'il peut perdre ainsi est faible : 1 gramme exposé dans le vide au dessus de l'acide sulfurique avait perdu, au bout de 14 heures, 2 milligrammes;

après 48 heures, 16 milligrammes; et après 96 heures, 23 milligrammes.

Chauffé avec précaution dans un tube, il donne d'abord du gaz ammoniac, puis un mélange de gaz ammoniac et de gaz azote, du soufre et du sel ammoniac. En même temps, il se volatilise toujours du sulfure d'azote, qui se condense en poudre cristalline sur le haut des vases. Ces diverses réactions ont lieu même à une température de 100 degrés, si elle est assez long-temps maintenue. Elles se produisent à la longue sur du chlorure ammoniacal laissé dans une étuve chauffée de 35 à 40 degrés. On les obtient plus tranchées encore en chauffant la matière dans un courant de gaz hydrogène, ou de gaz ammoniac, à une température de 100 à 240 degrés. J'avais espéré séparer par ces moyens une partie de l'ammoniaque, et produire un chloro-sulfure que l'eau aurait changé tout entier en sel ammoniac et en sulfure d'azote; mais mon espérance a été trompée; avant que cette proportion d'ammoniaque soit éliminée, déjà les élémens ont réagi les uns sur les autres pour donner d'autres produits.

L'eau froide transforme lentement le chlorure de soufre biammoniacal en un mélange d'hydrochlorate et d'hyposulfite d'ammoniaque. Le soufre que la matière contient reste sous la forme d'une poudre d'un blanc jaunâtre. Cette transformation demande plusieurs jours quand on se sert d'eau froide; mais elle se produit vite quand on expose les vases à une température chaude, bien qu'encore éloignée du point d'ébullition de l'eau.

Au moment où l'on met le chlorure de soufre ammoniacal dans l'eau froide, il se sépare une poudre jaune

qui est le sulfure d'azote, et l'on obtient une liqueur, d'une couleur jaune, qui contient de l'hydrochlorate et de l'hyposulfite d'ammoniaque, et un composé particulier que je considère comme une combinaison de chlorure de soufre, de sulfure d'azote et d'ammoniaque; mais son existence n'est qu'éphémère. Au bout de quelques instans, déjà une réaction intestine s'est produite entre ses élémens et la couleur jaune, qui s'affaiblit de plus en plus, et finit par disparaître tout-à-fait, par la destruction du composé jaune soluble.

Quand on veut mettre à profit cette réaction pour préparer le sulfure d'azote, la quantité que l'on en retire ne représente que le tiers du soufre, les 2/3 restans passent dans la liqueur. J'ai vainement tenté de m'y opposer en ajoutant à la liqueur un acide pour saturer une partie de l'ammoniaque. Tout son effet se borne à hâter la décomposition de la matière jaune soluble, sans augmenter la quantité du sulfure d'azote. Le chlore lui-même ne change rien à ce résultat. Il porte son action sur l'eau de préférence; les hyposulfites sont instantanément changés en sulfate, et la liqueur est rendue acide par l'acide chlorhydrique qui s'est produit.

L'alcool, pour peu qu'il contienne d'eau, se comporte absolument de la même manière que l'eau.

L'éther sulfurique, privé d'eau et d'alcool, que l'on met en contact avec le chlorure de soufre ammoniacal, se colore en jaune et laisse, pour résidu de son évaporation à une douce chaleur, du sulfure d'azote cristallisé mélangé de soufre. La proportion de matière qui se dissout est fort petite, et après plusieurs traitemens on s'aperçoit que les produits changent de nature.

transformer cet excès de chlorure de soufre, qui n'est que mélangé mécaniquement au produit.

Si l'opération est faite avec un soin convenable, et par un temps sec et froid, il ne se sépare pas de soufre qui altère la pureté du produit. C'est avec un chloro-sulfure préparé dans les circonstances les plus favorables qu'a été faite l'analyse précédente.

L'eau dissout une assez grande quantité de chlorure de soufre ammoniacal et se colore en brun jaunâtre; en même temps, une autre partie s'agglomère en une masse molle; si l'on entretient la liqueur sur un feu doux, on voit peu à peu la matière brune pâlir, et prendre successivement une couleur verdâtre et une couleur jaune; plus tard, la liqueur elle-même se décolore, et au bout de quelque temps, elle se trouble en déposant du soufre. Le dépôt jaune qui reste après la digestion du chlorure de soufre ammoniacal dans l'eau est du soufre, retenant quelques traces d'azote et d'ammoniaque. Il n'est pas sous forme pulvérulente, mais en masse. Il est un des résultats de la décomposition du composé ammoniacal et n'y existait pas à l'état de mélange, ainsi qu'il arrive avec le chlorure biammoniacal. La liqueur est acide, elle contient de l'hydrochlorate et de l'hyposulfite d'ammoniaque, et des acides chlorhydrique et hyposulfureux. Celui-ci se décompose lentement en acide sulfureux, et en soufre qui rend la liqueur laiteuse.

La même transformation a lieu avec l'eau froide; mais il faut plusieurs jours pour la produire complétement.

Si l'on remplace l'eau par de l'ammoniaque liquide, la transformation se fait plus vite, et les acides restant saturés par l'alcali, il ne se dépose pas de soufre à l'état

laiteux; mais on ne parvient jamais à empêcher complétement la séparation du soufre en masse, dont la proportion, toujours fort petite, change en quelque sorte à chaque opération.

L'ammoniaque gazeuse est absorbée lentement par le chlorure de soufre ammoniacal, sans qu'il se développe sensiblement de chaleur. La matière prend une teinte verte, puis elle finit par se changer en chloro-sulfure jaune, plus chargé d'ammoniaque.

La manière dont le chlorure de soufre ammoniacal se comporte avec la chaleur, est certainement l'une de ses propriétés les plus remarquables. Ce corps n'est pas volatil comme l'a cru M. Martens; à peine a-t-il senti l'impression du feu, que sa couleur change avec rapidité, et il devient jaune dans toute sa masse. La manière la plus convenable de produire cette transformation, est de mettre le chloro-sulfure rouge dans un tube que l'on tient plongé dans l'eau bouillante. Il est bon, pour s'assurer d'une décomposition complète, de laisser ainsi la matière exposée à 100° pendant quelques heures. De rouge qu'elle était, elle se trouve changée en une poudre d'un jaune pur, dont la nuance est plus foncée que celle du chloro-sulfure biammoniacal. Rien ne se dégage, rien n'est absorbé pendant cette transformation; seulement le mode de combinaison est changé; le nouveau produit est un mélange de sel ammoniac, et d'une combinaison de chlorure de soufre et de sulfure d'azote.

Ce produit, traité par l'acide sulfurique concentré, dégage des vapeurs abondantes d'acide chlorhydrique. Il donne par une chaleur très modérée beaucoup de sel ammoniac, du soufre et de l'azote chargé de vapeurs de

chlorure de soufre qui attaquent le mercure. L'éther n'a aucune espèce d'action sur lui.

4 atomes de chloro-sulfure rouge fournissent :

Sel ammoniac, $Az^2 H^6 + H^2 Cl^2$,
Chloro-sulfure sulfazotique, $Az S^2 + S Cl$.

La composition de ce nouveau corps est remarquable, c'est du chloro-sulfure rouge dont la base est changée. Le sulfure d'azote y remplace l'ammoniaque. La proportion d'azote est restée la même ; seulement, les 3 atomes d'hydrogène sont remplacés par leur équivalent, ou 3 atomes de soufre.

En délayant dans l'eau le chloro-sulfure sulfazotique, il s'y dissout tout entier ; si l'on a le soin d'employer une quantité d'eau suffisante, la dissolution est jaune, et possède une odeur toute particulière, c'est celle propre à la matière jaune elle-même. Quelques instans plus tard, on voit cette liqueur prendre une couleur brune. Elle est troublée par une matière brune qui ne se dépose qu'avec une extrême lenteur, en même temps que la décomposition continue à se faire ; à la température de 8 à 10°, sous laquelle la transformation s'est faite, il a fallu trois jours pour qu'elle fût terminée tout-à-fait. Alors la liqueur était incolore ; elle était chargée d'ammoniaque, d'eau, d'acide hydrochlorique, d'acide hyposulfureux, d'acide sulfurique, et d'une trace d'acide sulfhydrique ; elle présentait une réaction acide très prononcée. Au moment où je décantai cette liqueur pour la première fois, elle était encore très colorée en jaune et ne contenait pas d'acide sulfurique. Le dépôt brun fut lavé par décantation avec de l'eau, jusqu'à ce que l'eau de lavage ne contînt plus de

chlore ; à cette époque, il s'y trouvait de l'hyposulfite, qui provenait de l'action de l'eau sur le dépôt. Celui-ci, fut lavé avec de l'alcool froid ; il fut ensuite épuisé par l'éther pur bouillant. L'un et l'autre véhicule avaient dissous du sulfure d'azote mêlé d'un peu de soufre et de quelques traces de chlore. Le dépôt brun fut alors séché dans le vide. Il donnait au feu de l'azote et de l'ammoniaque à volumes égaux, et laissait beaucoup de soufre ; l'eau le transformait lentement en hyposulfite d'ammoniaque mêlé à quelques traces d'hydrochlorate, et il restait un dépôt de soufre. Ni l'alcool ni l'éther ne pouvaient le dissoudre ; mis dans l'alcool avec un fragment de potasse caustique, l'alcool se teignit d'une couleur améthyste de la nuance la plus riche et la plus foncée ; puis bientôt la couleur disparut, et il se fit un hyposulfite ; en remplaçant la potasse par le sulfure de sodium, j'ai obtenu la même couleur, mais elle était loin d'avoir la même intensité. J'ai trouvé dans une expérience sur la composition de cette matière deux atomes d'azote, un atome d'ammoniaque, et presque exactement sept atomes de soufre mélangés de quelques traces de chlore ; mais comme, avec beaucoup de chloro-sulfure sulfazotique, il ne se fait qu'une quantité excessivement minime de matière brune, et que vingt-cinq centigrammes de matière ont dû suffire à tous mes essais, je ne rapporte ces résultats qu'avec une certaine méfiance.

Je viens de faire voir que le chlorure sulfazotique est soluble dans l'eau, et qu'il s'y transforme lentement en sel ammoniacal avec excès d'acide. Telle est, en effet, sa composition, que l'eau peut le transformer en acides hydrochlorique et hyposulfureux, et en ammoniaque. Les

résultats se compliquent un peu, ainsi que je l'ai fait voir plus haut, mais pour une petite quantité de matière, par le dépôt d'une portion de sulfure d'azote et de soufre, et la formation d'une faible proportion de la matière brune ammoniacale.

Dans un prochain mémoire, je reviendrai sur quelques propriétés fort curieuses du chlorosulfure sulfazotique, ainsi que sur certaines propriétés du chlorosulfure ammoniacal, qui offrent un grand intérêt.

Action de l'ammoniaque liquide sur le chlorure de soufre (Chlorosulfure sulfazotique ammoniacal).

Quand on verse du chlorure de soufre (chloride hyposulfureux) dans de l'ammoniaque caustique, l'action est très vive et il se dégage d'abondantes vapeurs rougeâtres. Ce fait, observé par tous les chimistes, n'est connu dans ses résultats que par le peu qu'ont publié sur ce sujet M. Grégory et M. Martens. La réaction présente des particularités remarquables et essentielles qui ont échappé à mes devanciers, et qu'il est important de faire connaître.

En versant goutte à goutte le chlorure de soufre dans l'ammoniaque, l'action est vive ; il se dégage beaucoup de chaleur, des vapeurs épaisses se produisent, et il se fait dans le liquide une matière molle d'un rouge brun foncé. Si l'on a le soin de porter le chlorure de soufre avec une pipette et en petite quantité au fond de l'ammoniaque liquide, les vapeurs cessent de se montrer, et l'on reconnaît aisément que la matière rouge prend naissance sans qu'il se forme aucune bulle de gaz. Si on

continue à ajouter du chlorure de soufre ; la liqueur prend une couleur lilas très riche ; plus tard, le liquide s'échauffe beaucoup et devient laiteux par la présence du soufre.

Si on laisse la matière rouge dans la liqueur, on la voit pâlir de plus en plus, et elle finit par se transformer en une autre matière d'un jaune pâle ; si on la retire dès qu'elle est formée, au bout de quelques instans elle s'échauffe beaucoup, se boursouffle et se change bientôt en cette même matière jaune. Si l'on a la précaution de broyer la matière rouge sous l'eau froide pour la débarrasser de la dissolution adhérente, et si on la reçoit sur un filtre et qu'on la sèche entre du papier sans colle, on peut arriver à l'avoir sous forme de poudre ; mais son existence est encore éphémère : bientôt elle s'échauffe, se boursoufle, et laisse le résidu jaune dont j'ai parlé.

Pour étudier ce produit, j'ai versé, en agitant continuellement, du chlorure de soufre dans de l'ammoniaque liquide à 22 degrés, étendue de la moitié de son poids d'eau (avec l'ammoniaque pure, la réaction serait trop vive) ; il faut arrêter la décomposition avant que l'ammoniaque soit notablement affaiblie. La condition du succès consiste à employer l'ammoniaque en abondance pour qu'elle reste toujours dans un état suffisant de concentration, et à s'arrêter aussitôt que le liquide s'est échauffé ; autrement, la décomposition de la matière rouge commencerait dans le liquide même. Aussitôt qu'il y a une quantité un peu notable de matière rouge formée, il faut verser la liqueur sur un linge, enlever promptement la matière rouge, la porter rapidement dans l'eau froide, l'y aplatir sous les doigts en

plaque mince pour maintenir une basse température, et la porter aussitôt dans une nouvelle eau en continuant à la malaxer. Cette manipulation, qui a pour but spécial d'empêcher la décomposition spontanée de ce corps, sert aussi à le débarrasser de l'ammoniaque et des sels ammoniacaux de la liqueur.

L'ammoniaque où s'est formé le produit rouge peut en donner une nouvelle quantité à plusieurs reprises; mais il faut nécessairement fractionner l'opération.

J'ai dit que la liqueur prenait une belle couleur lilas; cet effet est dû à la dissolution d'une petite quantité de la matière rouge dans l'ammoniaque, et on la reproduit instantanément, si, après avoir séparé une partie de ce produit, on le met en contact avec de l'ammoniaque liquide.

La liqueur dans laquelle la matière rouge s'est formée contient de l'hydrochlorate d'ammoniaque, de l'hyposulfite, du sulfate d'ammoniaque, et aussi du soufre qui se sépare et qui reste en suspension.

J'ai déjà signalé la singulière propriété que possède ce corps de s'échauffer, de se boursouffler, et de se détruire lorsqu'à peine il vient d'être produit. Cette décomposition spontanée est accompagnée d'un dégagement d'ammoniaque.

Pour connaître la composition de ce singulier corps, le moyen qui m'a le mieux réussi est le suivant :

A mesure que la matière rouge était produite et lavée, je la plongeais dans un flacon contenant de l'eau distillée, et j'abandonnais la matière à elle-même pendant quarante-huit heures. La décomposition se faisait avec lenteur; la teinte rouge pâlissait peu à peu, jusqu'à ce

que la matière fût réduite tout-à-fait en une masse jaune, sèche, friable, de couleur citron. Cette transformation se produisait sans qu'il se dégageât aucun gaz, et après la réaction la liqueur contenait de l'hyposulfite d'ammoniaque, de l'hydrochlorate d'ammoniaque, et un peu d'ammoniaque en excès. Je réduisais cette masse en poudre et je la laissais séjourner encore dans la liqueur pendant un jour ou deux.

La liqueur alcaline fournie par la matière rouge était analysée par la méthode que j'ai déjà décrite, savoir : la transformation du chlore en chlorure d'argent et celle du soufre en sulfate de baryte. J'ai obtenu :

	I.	II.
Sulfate de baryte........	2,000	1,463
Chlorure d'argent......	0,620	0,448

Nombres que l'on peut traduire ainsi :

	I.	II.
Sulfate de baryte........	5832	5832
Chlorure d'argent........	1808	1787

Et théoriquement,

Sulfate de baryte....	5832	4 at.	= soufre 4 at.
Chlorure d'argent...	1794	1 at.	= chlore 1 at.

Il est naturel d'interpréter ces résultats de la manière suivante : 3 atomes de soufre étaient à l'état de sulfure d'azote dans la matière rouge, et ont été changés par l'eau en hyposulfite d'ammoniaque. L'atome de chlore et l'atome de soufre restans préexistaient à l'état de chlorure de soufre, et ont formé aussi aux dépens de l'eau de l'acide hydrochlorique et de l'acide hyposulfureux. Ces

deux acides, se retrouvant à l'état salin dans la liqueur, ont dû prendre 1 atome 1/2 d'ammoniaque, qui préexistaient eux-mêmes dans la matière rouge ; et comme celle-ci laisse dégager encore de l'ammoniaque quand elle se boursouffle en se décomposant, et que la liqueur où la réaction s'est faite lentement contient un petit excès de cet alcali, j'admets que la matière rouge contenait 2 atomes d'ammoniaque et avait la composition suivante :

Chlore, 1 atome.	442,65	26,41
Soufre, 4 atomes.	804,48	48,00
Ammoniaque, 2 atomes.	428,94	25,59
	1676,07	100,00

On peut interpréter la composition suivant la formule suivante :

Chlorure de soufre ammoniacal, 1 at.
Sulfure d'azote ammoniacal, 1 at.

$$(Cl\,S + Am) + (A\,S^2 + Am).$$

Mais en outre de ce que le sulfure d'azote ne paraît pas propre à remplir les fonctions d'acide, la composition théorique précédente n'explique pas la facilité avec laquelle la transformation de la matière rouge se fait : celle-ci dépend certainement de ce que les affinités un peu puissantes ne sont pas satisfaites, et s'explique bien mieux si l'on admet la combinaison de l'ammoniaque avec un composé formé lui-même de chlorure de soufre et de sulfure d'azote. On conçoit bien le peu de stabilité d'un pareil corps ; l'ammoniaque y est faiblement retenue et tend sans cesse à déterminer une décomposition

qui fournira des produits liés par des affinités plus fortes. En résumé, la matière rouge formée par la voie humide me paraît devoir être représentée de la manière suivante :

Chlorure de soufre, 1 at. Sulfure d'azote, 1 at.	Chlorure sulfazotique	74,41
Ammoniaque, 2 at.		25,59
		100,00

Dans ce qui précède, si je n'ai tenu aucun compte de la matière jaune qui reste après la formation de l'hyposulfite et de l'hydrochlorate d'ammoniaque, c'est que celle-ci est un produit accidentel dont la quantité varie à chaque expérience et à chaque moment de l'expérience. Il s'en forme peu quand l'ammoniaque est froide et concentrée ; plus, à mesure qu'elle s'affaiblit et s'échauffe.

Cette matière jaune a déjà été l'objet de l'attention de Grégory. Elle est presque entièrement composée de soufre. Elle m'a fourni par la chaleur de l'ammoniaque et de l'azote sensiblement à volumes égaux, mais en quantité si minime que les deux gaz équivalaient tout au plus au cinquantième en poids de la masse. Cependant cette matière possède un caractère fort remarquable dont on doit la découverte à Grégory et qui consiste dans la propriété de fournir par l'alcool et un peu de potasse, une liqueur d'une admirable couleur améthyste, qui malheureusement disparaît bientôt en laissant de l'hyposulfite alcalin. J'ai vu qu'il suffit de faire bouillir cette matière jaune dans l'eau pour qu'il se fasse de l'hyposulfite d'ammoniaque ; mais elle n'est pas épuisée par l'eau, et elle conserve la propriété propre au sulfure d'azote, de co-

lorer en rouge les liqueurs alcooliques auxquelles on ajoute des fragmens de potasse. J'ai pu vérifier également la formation de cristaux blancs par digestion dans l'alcool bouillant, qui a été décrite et observée par Grégory. Ce sont ces cristaux que ce chimiste avait pris pour du sulfure d'azote; mais il est certain qu'ils donnent au feu du soufre, de l'azote et de l'ammoniaque en plus grande proportion que la matière jaune dont ils proviennent; mais ici encore le soufre forme une grande partie de la masse. On obtient une quantité si minime de ces produits, que je n'ai pu les étudier davantage.

Le dépôt jaune dont je viens de parler se fait toutes les fois que la réaction de l'ammoniaque et du chlorure de soufre donne naissance à un dépôt de soufre. Ce que j'ai considéré comme du soufre dans l'analyse du chlorosulfure biammoniacal, est la même matière; mais la proportion d'azote et d'ammoniaque qu'elle renferme est si petite, que j'ai pu la négliger, et qu'elle ne peut rien changer aux conséquences que j'ai tirées des épreuves analytiques.

Sulfure d'azote.

Le sulfure d'azote se fait, avons-nous dit, lorsqu'on traite par l'eau le chlorosulfure biammoniacal; quand celui-ci a été obtenu directement, c'est-à-dire par l'action d'un excès d'ammoniaque sur le chlorure de soufre, il contient toujours du soufre libre; la quantité en est petite; mais comme elle reste mélangée avec le sulfure d'azote qui ne représente lui-même qu'une faible portion du composé ammoniacal qui lui donne naissance, il en résulte que le sulfure d'azote se trouve ainsi mêlé

d'une assez grande quantité de soufre, dont on ne le débarrasse qu'avec peine par des traitemens multipliés par l'éther.

Comme la préparation du chlorosulfure à un atome d'ammoniaque se fait plus tranquillement, que le dépôt de soufre y est nul ou très faible, il est préférable de faire dans une première opération ce chlorosulfure rouge, de le convertir en chlorosulfure biammoniacal, et de reprendre celui-ci par l'eau. On lave le sulfure d'azote qui se dépose avec l'eau jusqu'à ce que celle-ci soit incolore, et que le nitrate d'argent n'y fasse plus connaître la présence du chlore; on jette alors une ou deux fois de l'alcool très concentré sur un filtre pour se débarrasser de l'eau; on exprime le sulfure d'azote entre du papier sans colle, et l'on en achève la dessiccation promptement dans le vide au dessus de l'acide sulfurique concentré. J'ai obtenu ainsi plusieurs fois, quand le chlorosulfure avait été fait par un temps sec et froid, du sulfure d'azote parfaitement pur; s'il retient du soufre, il faut le traiter à plusieurs reprises par de l'éther pur et bouillant qui l'en débarrasse. On reconnaît la pureté du produit à ce qu'il se dissout par digestion dans l'eau sans laisser de résidu.

La composition du sulfure d'azote se déduit naturellement de la propriété importante qu'il possède, de se transformer complètement par l'eau en acide hyposulfureux et en ammoniaque. Il est formé de :

3 at. de soufre......	603,48	77,32
1 at. d'azote........	177,32	22,68
	780,80	100,00

J'ai aussi déterminé par expérience la quantité d'azote qu'il fournit quand on le chauffe avec du cuivre bien décapé. Les résultats se sont très bien accordés avec la première donnée théorique. J'avais fait une première analyse en chauffant le sulfure d'azote mélangé seulement avec du verre; mais j'ai renoncé à ce moyen, parce qu'alors une partie du sulfure est entraînée avec le gaz; celui-ci possède une odeur aromatique qui se rapproche de celle des semences d'ombellifères, et qu'il doit à une bien petite quantité de matière; car il perd cette odeur par un lavage à l'eau qui ne change rien à son volume.

Le sulfure d'azote a une couleur jaune pure, ou une couleur verte claire; quand il a été préparé avec le chlorosulfure ammoniacal, qui résulte de l'action directe d'un excès d'ammoniaque sur le chlorure de soufre, il est jaune; quand, au contraire, il provient du chlorosulfure obtenu par l'ammoniaque et le chlorosulfure rouge, il est vert; ce sont deux états isomériques du même corps, car si l'on tient le sulfure vert dans un tube plongé dans l'eau bouillante, il passe au jaune pur sans perdre la moindre parcelle de son poids; je n'ai vu dans aucune circonstance le sulfure jaune devenir vert.

Le sulfure d'azote paraît avoir à un haut degré la propriété de devenir électrique par le frottement; du moins quand on le frotte très légèrement, il s'attache aux vases et au papier d'une manière remarquable.

Le sulfure d'azote est inodore; cependant quand il est chaud il répand une odeur toute particulière. Au premier moment, il paraît insipide; mais bientôt il se manifeste une sensation d'âcreté fort prononcée, mais qui dure peu. Si on touche avec les mains qui en sont salies quelque partie du corps où la peau est fine et sensible,

comme le voisinage des yeux, il se produit bientôt un sentiment de cuisson qui persiste assez long-temps.

Le sulfure d'azote n'est pas volatil; cependant nous l'avons vu se volatiliser et cristalliser dans les parties froides de l'appareil, quand il se produit dans la décomposition du chlorure de soufre ammoniacal par la chaleur.

La chaleur le décompose; si on le chauffe dans un tube au milieu d'un bain d'huile, après l'avoir mêlé avec du verre en poudre, il se décompose vers 140° tranquillement en gaz azote et en soufre; si on le chauffe brusquement au fond d'un tube de verre, il y a une déflagration vive; si le tube est fermé, il se produit une violente détonation. Ce dernier effet est encore produit par un choc vif.

L'eau froide agit lentement sur le sulfure d'azote; elle le change en hyposulfite d'ammoniaque: il faut plusieurs jours pour que la transformation de tout le sulfure soit terminée; si l'on opère à chaud, la décomposition se fait très promptement. Le sel formé contient une proportion d'ammoniaque et une proportion et demie d'acide hyposulfureux.

L'alcool dissout de petites quantités de sulfure d'azote; il est un peu plus soluble dans l'éther, et la dissolution en s'évaporant le laisse cristallisé.

Les dissolutions alcalines activent la transformation du sulfure d'azote en ammoniaque et en acide hyposulfureux. Dans l'ammoniaque concentrée, la décomposition est vive, la liqueur s'échauffe beaucoup, et une vive ébullition se produit; elle résulte d'un dégagement de gaz ammoniaque, sans qu'il se fasse aucune perte d'azote. C'est tout simplement de l'ammoniaque chassée par l'élévation de température qui résulte de l'action chimique.

zote est un hyposulfite, moins de l'eau, plus sûrement que l'oxamide et l'urée ne sont du l'oxalate et du carbonate d'ammoniaque, moins de l'eau également. Pour les amides, en faisant exécuter aux atomes des évolutions différentes, on arrive à plusieurs formules ayant toutes plus ou moins de probabilité, et dont les chimistes sages se servent alternativement suivant qu'elles leur sont plus commodes pour expliquer la réaction du moment. Quand il s'agit du sulfure d'azote, nous n'avons guère de choix à faire qu'entre deux suppositions : le soufre ou l'azote est l'élément négatif. Quand il s'est agi d'établir la composition de l'oxamide, M. Dumas, dans le mémoire remarquable qu'il a publié à ce sujet, a considéré cette matière comme formée d'oxide de carbone et d'azoture d'hydrogène ou amide, ce dernier remplissant le rôle négatif dans les combinaisons. Il s'est appuyé sur cette hypothèse « que lorsqu'un composé binaire s'empare des élémens de l'eau, c'est toujours le principe positif qui s'empare de l'oxigène et l'élément négatif qui prend l'hydrogène. » En appliquant ce raisonnement au sulfure d'azote, il nous mène à cette conséquence que le soufre y est basique par rapport à l'azote; mais une pareille considération me paraît avoir peu de poids; car l'action de l'eau sur un composé de soufre et d'azote (quel que soit d'ailleurs le rôle que chacun de ces élémens remplisse), devant produire ou de l'acide nitreux et de l'hydrogène sulfuré, ou de l'ammoniaque et de l'acide hyposulfureux, je dis que cette dernière réaction devra se faire de préférence par cette seule raison que les affinités seront mieux satisfaites là où il se fera une base et un acide qui peuvent se neutraliser. Je suis disposé cependant à considérer le corps dont il s'agit comme un

azoture de soufre, mais en me fondant sur ce qu'il se combine assez bien comme base, tandis qu'il a montré peu de disposition à jouer le rôle d'acide. Il serait tout-à-fait analogue à l'ammoniaque et par ses propriétés et par sa composition; seulement, le soufre, plus négatif que l'hydrogène, n'imprimerait pas au composé un caractère d'alcalinité aussi tranché.

L'alcalinité du sulfure d'azote est peut-être appelée à jeter quelque lumière sur la composition d'une classe importante de composés organiques; je veux parler des alcalis végétaux; au milieu de la longue série de formules dites rationnelles que nous avons vues éclore depuis quelques années, aucune ne se rattache à ces corps, si ce n'est peut-être celles qui seraient la conséquence de l'opinion de M. Robiquet, qui regarde l'ammoniaque comme étant toute formée dans les alcalis; mais si l'on considère que les acides n'ont jamais pu en extraire de l'ammoniaque, et en même temps que chaque proportion chimique de ces corps renferme toujours une proportion d'azote, tout aussi bien que cela a lieu pour l'ammoniaque et l'azoture de soufre, n'y aura-t-il pas quelque probabilité à dire que les alcalis végétaux pourraient bien être des azotures dans lesquels l'hydrogène et le soufre seraient remplacés par un principe positif formé lui-même d'oxigène, d'hydrogène et de carbone, quelle que soit d'ailleurs la manière dont les trois élémens seraient unis entre eux? Il ne sera pas indifférent d'étudier sous ce rapport les alcalis végétaux.

Indice de Débris Organiques dans les roches les plus anciennes du Globe; Moyen de distinguer les Trapps des Basaltes;

PAR M. HENRY BRACONNOT,
Correspondant de l'Institut.

Au retour d'un voyage que je fis à Luxeuil pour compléter l'analyse comparative des sources de cet établissement, j'allai visiter à Bruyères mon savant ami le docteur Mougeot. Parmi les diverses curiosités que renferme sa belle collection, je remarquai les produits minéralogiques de la côte d'Essey, nom du village dont elle a reçu le nom, située au sud du département de la Meurthe, à quatre myriamètres et demi de Nancy. On sait que cette côte a fait l'objet d'un travail publié il y a vingt ans par feu le docteur Gaillardot, et qu'il la considéra comme un ancien volcan, opinion qui paraît avoir reçu la sanction des naturalistes, et qui est appuyée par la tradition des habitans du pays; cependant, le peu d'étendue de cette masse, l'absence des laves spongieuses, des scories, des cratères, et même, je le dirai, l'aspect des divers échantillons recueillis dans cette localité, ne m'ont pas semblé porter l'empreinte évidente d'une formation volcanique. On y trouve à la vérité des prismes basaltiques noirâtres, mais on sait que certains trapps qui se trouvent dans des circonstances géologiques propres à éloigner toute idée de volcanicité, ont aussi une forme pseudo-régulière prismatique due au retrait que la roche a éprouvé en se desséchant. Quoi qu'il en soit, la grande difficulté qu'il s'agissait de sur-

monter subsistait toujours, savoir, si les prismes de la côte d'Essey ont subi l'action des feux souterrains, ou s'ils ne sont que des trapps. Pour résoudre cette question, je ne pouvais guère m'aider des travaux théoriques ou systématiques des naturalistes, puisque à cet égard, comme on le sait, ils ont donné lieu à des controverses qui les ont partagés en deux partis, sous le nom de Volçanistes et de Neptuniens, et que d'ailleurs, de leur propre aveu, la ressemblance du basalte avec le trapp est si grande, qu'il est impossible de les distinguer d'après les échantillons. Il ne me restait donc d'autre parti à prendre qu'à tenter quelques expériences comparatives sur le basalte de la côte d'Essey et sur les véritables basaltes volcaniques. Je me suis arrêté à la suivante : j'ai soumis à la distillation, dans une petite cornue de verre, du basalte de la côte d'Essey (1) pulvérisé, et j'ai obtenu un produit ammoniacal empyreumatique, qui a rappelé au bleu un papier rougi par le tournesol. Le résidu de cette distillation avait une nuance un peu plus foncée qu'auparavant, en sorte que du charbon semble avoir été mis à nu. Satisfait de ce résultat et considérant que la côte d'Essey est peu éloignée de la chaîne des Vosges où l'on trouve des roches de trapp de différentes sortes, j'ai dû soumettre à la même épreuve

(1) Cette roche m'a été remise par le docteur Mougeot; j'insiste sur cette circonstance parce que je n'ai pu la recueillir moi-même sur place, et que depuis la rédaction de cette notice, M. Lamoureux m'a donné un autre échantillon de basalte avec olivine, qu'il assure avoir été trouvé aussi à la côte d'Essey, et auquel j'ai reconnu le caractère de véritable basalte volcanique; mais ce dernier n'était pas étiqueté et a été pris dans un tiroir renfermant plusieurs autres roches basaltiques, en sorte que sa véritable origine peut paraître douteuse.

d'abord celle de Raon-l'Etape, qui n'est éloignée de la côte d'Essey que de trois myriamètres : or cette roche m'a fourni absolument le même produit que le précédent. Les autres trapps que j'ai pu me procurer m'ont pareillement donné, à la distillation, un produit ammoniacal empyreumatique, tel que le trapp de la Chaume de Tendon, l'eurite ou trapp sur lequel reposent les spillites de Senones, le trapp ou eurite du Rotabac, qui traverse les autres roches jusqu'aux sommités les plus élevées de la chaîne des Vosges. De ces diverses épreuves, dont chacune n'a été faite qu'avec environ cinq grammes de matière, j'ai déduit les conséquences suivantes :

1° Que la roche noirâtre de la côte d'Essey, recueillie sur place par M. Mougeot, est un trapp analogue à ceux dont je viens de faire l'énumération ;

2° Que tous ces énormes entassemens de trapp ont été formés dans les eaux sous l'influence d'une température peu élevée ; 3° qu'avant leur formation vivaient des êtres organisés, dont les débris se trouvent encore intimement mélangés avec les autres élémens qui les constituent.

Examinons à présent sous le même point de vue les véritables basaltes, c'est-à-dire ceux qui ont incontestablement éprouvé l'action des feux souterrains, et voyons comment ils se comportent à la distillation. Du basalte de Clermont en Auvergne a été chauffé jusqu'au rouge dans un tube de verre fermé par un bout, et dans lequel j'avais assujéti une bandelette de papier rougi par le tournesol ; celle-ci, au lieu de passer au bleu comme nous l'avons vu avec les trapps, n'a point changé de nuance, d'où il résulte que la substance organique que je présume avoir existé parmi les matériaux du basalte,

avant sa formation, a été détruite par le feu du volcan (1).

Voilà donc un caractère certain à l'aide duquel on pourra distinguer facilement et promptement les basaltes volcaniques des trapps ; je me persuade qu'il pourra contribuer à mettre fin aux discussions qui divisent encore les géologues, et fera disparaître la confusion qui règne dans la détermination des roches qu'on a désignées sous le nom de *Basaltes*.

La rencontre inattendue d'une matière animale dans les roches de trapps, regardées par quelques géologues comme contemporaines des granits, m'a porté à la rechercher aussi dans ceux-ci. Du granit antique encaissant l'eurite porphyroïde, recueilli de Gérardmer à Rochepou, a été chauffé à une température voisine du rouge, dans un tube de verre fermé, et renfermant dans une partie de sa longueur une bandelette de papier rougi par le tournesol, qui n'a point tardé à passer au bleu : il s'est répandu une légère odeur, dont le caractère empyreumatique était, à la vérité, beaucoup moins prononcé qu'avec les trapps. Un autre échantillon de granit ancien, recueilli à la grande base de la Bresse, m'a fourni un semblable résultat. Du granit d'Egypte (siénite), de la collection de M. Haldat, m'a aussi donné à la distillation un produit ammoniacal.

Je conclus de ces faits que les roches regardées comme formant le centre du globe terrestre, ou du moins le noyau des montagnes primitives, renferment des vestiges de débris organiques, et que par conséquent, de quelque manière qu'on explique leur formation, elle n'a

(1) Cette conjecture est fondée sur un fait, c'est que Klaproth indique un peu de charbon dans le basalte.

pas eu lieu à une haute température. J'ai aussi examiné sous le même rapport quelques roches anciennes à peu près contemporaines, qui me sont tombées entre les mains, telles que l'ophite (porphyre vert) de Giromagny, et un autre échantillon de la même roche recueilli près de Sainte-Marie; de la serpentine des Vosges; elles m'ont donné, comme le granit, un produit presque point empyreumatique, qui rappelait au bleu le papier rougi par le tournesol. De l'amphibole granitoïde du Tillot (Vosges) soumise à la même épreuve, m'a fourni un produit aqueux ammoniacal d'une odeur décidément empyreumatique, qui semble indiquer une formation moins ancienne que le granit. Une roche amphibolique renfermant le grenat rouge d'Ecosse, traitée de même, m'a donné un acide empyreumatique dont je n'ai pu déterminer la nature, en raison de la petite quantité de matière que j'avais à ma disposition.

Du gneiss de Freiberg en Saxe m'a fourni, sans aucun indice d'odeur empyreumatique, un acide qui a dépoli fortement la cornue dans laquelle cette distillation a eu lieu; c'était apparemment de l'acide fluorique.

Parmi les roches arénacées, je n'ai essayé que le grès bigarré des Vosges, que j'avais recueilli à la surface du sol; mais il ne m'a fourni aucun indice de matière organique. Il m'eût été facile de donner beaucoup plus d'extension à ces sortes de recherches, mais les faits que je viens d'exposer me paraissent suffire pour changer ou modifier nos diverses hypothèses sur l'origine des roches et l'état de notre globe à l'époque de leur formation.

Nancy, le 18 novembre 1837.

Addition à la Notice ayant pour titre : Indices de Débris organiques dans les Roches les plus anciennes du Globe; Moyen de distinguer les Trapps d'avec les Basaltes;

PAR M. HENRY BRACONNOT.

Sur l'invitation du docteur Mougeot, j'ai examiné le produit de la distillation de plusieurs autres roches des Vosges dont voici l'énumération :

Lave résinoïde (Wackite) de la côte d'Essey; a donné un produit ammoniacal rappelant fortement au bleu le papier rouge de tournesol, et ayant une odeur empyreumatique très marquée. Le résidu de cette distillation avait d'ailleurs une couleur noirâtre plus foncée qu'auparavant, d'où il suit que le charbon de la matière organique a été mis à nu. Il est donc incontestable que cette roche n'est point une lave, puisqu'elle accuse une plus grande quantité de matière animale que les trapps.

Basalte de la côte d'Essey en prismes roulés; s'est comporté à la manière des trapps, c'est-à-dire a donné un produit ammoniacal empyreumatique.

Basalte de Bedon, à une lieue et demie au midi de la côte d'Essey; cette roche se distingue des basaltes et des trapps en ce qu'elle a fourni à la distillation un produit empyreumatique âcre et acide qui rougit le papier de tournesol. Elle n'a donc point éprouvé l'action des feux souterrains, et paraît avoir été formée au milieu des débris végétaux.

Quartz en filon traversant le granit de Gerardmer; fournit à la distillation un produit ammoniacal plus faible qu'avec le même granit.

Pegmatite brunâtre (granit graphique) de Raou-l'Etape. Cette roche, qui forme un massif intercalé entre le granit sur la rive droite de la Meurthe, où il est exploité comme pierre meulière, a aussi donné à la distillation un produit ammoniacal.

Le protogyne rouge du Tholoy, la siénite porphy-

roïde, qui paraissent appartenir à la même formation que le granit du vallon de Saint-Maurice, ont fourni, comme les trapps, un produit ammoniacal empyreumatique. Le porphyre rouge de Saint-Maurice a aussi donné un semblable résultat.

J'ai examiné sous le même rapport les calcaires anciens, tels que la chaux carbonatée lamellaire dans le gneiss de Chipal, la chaux carbonatée dans le gneiss de Sainte-Marie, la même dite cipalin, aussi dans le gneiss; mais elles n'ont pas sensiblement accusé plus de matière animale que les granits. J'en dirai autant du muschelkalk de Girecourt, de celui de Rehainvillier avec ossemens fossiles, et, ce qui est plus surprenant, ces ossemens fossiles eux-mêmes. La disparition presque complète de la matière animale dans ces roches calcaires moins anciennes que le granit, ne pourrait-elle pas être attribuée à leur plus grande perméabilité à l'humidité, ou à leur nature particulière qui ne leur permet pas de conserver aussi bien la matière animale que les roches quartzeuses?

Ban coquillier du grès bigarré de Domptail; a donné un produit liquide d'une odeur argileuse, nullement empyreumatique, rappelant à peine au bleu le papier de tournesol. Le résidu de cette distillation, de jaune d'ocre qu'il était auparavant, a pris par la chaleur une couleur rouge foncé due à une grande quantité de peroxide de fer. Il est à présumer que dans ce ban coquillier, en raison de sa perméabilité et du peu de cohésion de ses molécules, la matière animale a pu disparaître presque entièrement.

Grès bigarré avec coquilles fossiles de Ruaux; produit ammoniacal avec odeur empyreumatique, rappelant au bleu le papier rougi par le tournesol.

Micaschiste de Lubine; produit non empyreumatique, faisant à peine passer au bleu le papier de tournesol.

Phyllade de Raou-sur-Blaine; produit ammoniacal assez fortement empyreumatique.

Schiste de transition avec débris organiques en contact avec les trapps de Bussang; produit non empyreumatique rappelant à peine au bleu le papier de tournesol.

Je ne puis expliquer pourquoi ce schiste de transition, que je supposais devoir contenir plus de matière animale que les trapps, en retient cependant une plus petite quantité.

Schiste de transition, coteau d'Orbey; même résultat que le précédent.

Schiste de transition de Guebviller (Haut-Rhin); produit ammoniacal comme avec les trapps.

Schiste altéré du terrain de transition de Guebviller; même résultat que le précédent.

Schiste de transition de Sedan (Ardennes); produit acide rougissant fortement la teinture de tournesol et ayant toutes les propriétés de l'acide sulfureux.

Schiste houillier avec empreinte végétale de Lalley; produit empyreumatique légèrement ammoniacal, d'où il résulte que la portion charbonneuse de ce schiste appartient à la classe des résidus d'une organisation animale détruite. Il paraît qu'il en est de même de toutes les houilles, puisqu'elles fournissent une quantité assez considérable d'ammoniaque. Au reste, il ne manque pas d'exemples sur la formation de la houille par la décomposition des substances animales, puisqu'on les retrouve d'une manière très prononcée dans plusieurs terrains houilliers; cependant on regarde généralement ce combustible comme étant le résidu de grandes masses végétales, parce que le schiste qui l'accompagne renferme des fougères, des graminées et autres végétaux pétrifiés.

Grès houiller de Lubine; donne à la distillation de l'acide sulfureux et du soufre.

Bois fossile du terrain houiller de Lubine; produit aqueux légèrement acide, dans lequel j'ai cru remarquer quelques vestiges d'huile empyreumatique.

Bois fossile agathisé du terrain de grès rouge de Valdajot; produit ammoniacal assez fortement empyreumatique. Comme ce résultat ne s'accorde pas avec le précédent, on est forcé de conclure que la fibrine ligneuse a été entièrement anéantie, et que les espaces qu'elle a laissés ont été remplis par du quartz retenant une substance ammoniacale; au surplus nous avons vu précédemment que cette dernière accompagnait le quartz.

Jours.	9 heures du matin. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Midi. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	3 heures du soir. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	9 heures du soir. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Thermomètre. Maxim.	Minim.	ÉTAT DU CIEL A MIDI.	VENTS A MIDI.
1	760,19	+ 4,8		759,76	+ 7,1		759,73	+ 7,2		759,71	+ 4,1		+ 8,0	+ 5,4	Couvert.	S. S. E.
2	758,52	+ 3,7		756,89	+ 6,9		755,49	+ 8,1		753,64	+ 7,0		+ 8,5	+ 0,9	Serein.	S.
3	755,00	+ 6,2		755,30	+ 7,5		755,82	+ 7,2		756,07	+ 5,8		+ 7,5	+ 5,1	Eclaircies.	S.
4	758,96	+ 1,1		758,73	+ 2,0		759,09	+ 2,4		761,88	+ 1,7		+ 2,5	0,0	Brouillard épais.	S. O.
5	765,32	— 1,8		761,96	— 0,6		764,60	0,0		764,72	— 0,7		+ 1,3	— 2,3	Brouillard très épais.	O.
6	763,66	0,0		762,85	+ 0,7		762,21	+ 0,6		761,97	+ 1,4		+ 0,9	— 1,5	Couvert.	N. N. E.
7	763,02	— 0,2		762,75	— 0,7		762,80	— 1,0		763,07	— 0,4		— 0,3	— 1,0	Couvert.	N. N. E.
8	765,57	— 6,6		763,71	— 5,9		764,12	— 5,6		761,42	— 5,6		— 5,4	— 7,3	Beau.	E. N. E.
9	759,51	— 9,5		757,87	— 8,5		757,40	— 8,3		757,99	— 9,6		— 8,1	—11,2	Neige.	N. N. E.
10	758,55	—10,8		757,82	— 7,6		757,44	— 7,6		757,11	— 6,0		— 4,9	—11,5	Couvert.	O. S. O.
11	758,10	— 6,4		758,73	— 4,9		758,90	— 4,4		761,60	— 3,6		— 2,9	— 6,9	Neige.	N. N. E.
12	765,86	— 5,8		765,83	— 4,8		766,27	— 4,3		760,37	— 9,4		— 4,3	—11,0	Brouillard très épais.	O. N. O.
13	764,18	— 9,2		762,83	— 7,7		761,82	— 7,8		760,79	—11,4		— 7,1	—11,4	Serein.	E.
14	757,38	—15,0		755,84	—12,5		755,24	—10,6		755,00	—12,5		—10,5	—15,5	Beau.	N. O.
15	754,92	— 6,1		754,23	— 3,9		753,88	— 5,1		754,03	— 7,8		— 5,1	—15,2	Beau.	S. O.
16	752,84	— 5,3		752,58	— 3,1		753,29	— 5,0		756,53	—10,7		— 2,7	—11,0	Couvert.	N.
17	760,59	—10,5		760,38	— 9,2		759,73	— 8,3		759,66	—10,4		— 8,3	—12,4	Très vaporeux.	N.
18	755,89	—14,3		754,44	—12,8		753,36	—11,3		752,56	—11,8		—11,2	—14,6	Couvert.	N. E.
19	751,89	—14,9		751,55	—13,5		752,43	—11,4		754,79	—16,0		—10,8	—17,6	Très vaporeux.	N. O.
20	758,25	—17,4		758,38	—13,2		758,38	—11,8		759,20	—13,8		—11,5	—19,0	Beau.	S. E.
21	758,05	—10,8		756,96	— 4,5		755,98	— 5,0		755,24	— 6,5		— 2,9	—14,0	Beau.	S. E.
22	754,66	— 1,5		755,65	+ 3,1		752,90	+ 5,4		752,58	— 0,2		+ 5,6	— 7,8	Beau.	S. S. E.
23	750,00	+ 0,9		748,47	+ 4,4		747,98	+ 3,0		747,42	— 1,5		+ 4,4	— 5,0	Couvert.	E. S. E.
24	747,29	— 4,5		747,62	— 3,9		746,94	— 3,8		746,74	— 5,9		— 3,7	— 7,5	Vaporeux.	E.
25	744,85	— 6,5		743,11	— 3,7		742,31	— 2,0		741,13	— 1,7		— 1,7	— 7,9	Beau.	N. E.
26	740,06	— 6,8		739,77	— 4,8		739,41	— 2,6		739,18	— 7,0		— 2,7	— 8,5	Vaporeux.	N. N. E.
27	739,25	— 8,4		739,40	— 6,8		739,70	— 5,7		741,07	— 5,2		— 4,5	—10,3	Couvert.	N. N. E.
28	744,10	— 1,2		744,71	+ 1,5		745,11	+ 5,2		746,41	+ 2,3		+ 5,2	— 6,7	Couvert.	S. S. E.
29	747,90	+ 1,7		747,80	+ 5,4		748,00	+ 6,2		748,09	— 2,5		+ 6,6	— 0,8	Couvert.	S.
30	747,05	— 0,6		746,29	+ 5,1		745,95	+ 4,0		746,29	+ 4,5		+ 5,8	— 2,6	Couvert.	N.
31	748,55	+ 2,0		749,57	+ 2,0		750,65	+ 1,8		755,32	+ 0,7		+ 2,5	+ 1,7	Brouillard.	N. E
1	760,57	— 0,4		760,06	+ 0,1		759,67	+ 0,5		759,76	— 0,2		+ 1,0	— 2,5	Moyenne du 1er au 10.	Pluie en centimètres
2	757,99	—10,5		757,48	— 8,5		757,33	— 7,8		757,05	—10,7		— 7,2	—15,3	Moyenne du 11 au 20.	Cour. 0,271
3	748,16	— 5,2		747,59	— 0,4		747,42	— 0,8		747,68	— 2,1		— 1,4	— 6,1	Moyenne du 21 au 31.	Terrasse. . . 0,210
	755,57	— 4,7		755,04	— 3,0		754,81	— 2,7		754,85	— 4,5		— 1,6	— 7,6	Moyennes du mois . . . . . — 4,6	

Recherches sur la Nature et les Propriétés chimiques des Sucres ;

PAR EUGÈNE PÉLIGOT,
Docteur ès-sciences, répétiteur à l'école polytechnique.

La saveur douce d'un grand nombre de produits organiques est due à la présence de substances particulières que la nature a répandues avec une sorte de profusion dans les différentes parties de l'édifice végétal. Cette saveur étant d'une appréciation facile et vulgaire, a dû servir d'abord de caractère générique et a fait donner le nom de *sucres* à des corps que les progrès ultérieurs de la science obligèrent bientôt à séparer les uns des autres. Dans la nécessité d'établir une classification moins vague, on eut alors recours à une propriété spécifique que présentent les matières sucrées les plus communes et les plus importantes, et les chimistes convinrent de considérer seulement comme sucres véritables, les produits qui, sous l'influence de l'eau et du ferment, peuvent se transformer en alcool et en acide carbonique. On sépara ainsi des corps qui offrent ce dernier caractère, les substances douées de la saveur douce qu'on rencontre dans le lait, dans la manne, dans la racine de réglisse, etc., lesquelles, n'étant point fermentescibles, n'appartinrent plus au groupe qui va spécialement nous occuper.

On admet généralement qu'il existe deux grandes variétés de sucre ; en ayant égard seulement aux caractères

les plus apparens, l'une de ces variétés se présente ou peut s'obtenir sous la forme de cristaux transparens, d'un volume et d'une régularité remarquables. La canne à sucre, la betterave, l'érable, sont exploités pour l'extraction de ce sucre, à la présence duquel le maïs, les melons, les citrouilles, les châtaignes, et plusieurs racines, doivent leur saveur douce. Cette variété constitue le sucre ordinaire, le sucre commercial.

L'autre variété existe dans les raisins, dans les pommes, dans les groseilles et dans beaucoup d'autres fruits qui présentent toujours en même temps une réaction acide. Ce sucre s'obtient difficilement à l'état solide, et presque jamais à l'état de cristaux de forme déterminable. La saveur douce qu'il présente est beaucoup moins franche que celle du sucre ordinaire. Sans parler des caractères chimiques qui sont, pour ainsi dire, opposés, comme nous l'établirons dans le courant de ce travail, les différences grossières que je viens de rappeler suffisent pour que tout le monde puisse établir entre ces deux espèces une distinction facile. Comme confirmation de ce qui précède, qu'on me permette de rappeler le fait suivant : on se souvient qu'à l'époque du blocus continental, la France se trouvant privée du sucre colonial nécessaire à sa consommation, on chercha à remplacer, par le sucre extrait des raisins, cette importante denrée. Or, le concours réuni et les efforts persévérans des chimistes de cette époque, si féconde en grands résultats de tous genres, l'intervention si puissante du chef du gouvernement, en un mot, la réunion des circonstances les plus favorables à cette substitution, ne parvinrent pas à faire introduire régulièrement dans

la consommation le sucre de raisins, qu'on repoussait à cause de son goût, et qu'on n'obtenait d'ailleurs que sous la forme de sirop. Maintenant que les propriétés de ce sucre sont mieux connues, si son extraction redevenait utile, on parviendrait assurément à le livrer au commerce sous forme solide : mais il semble que nous sommes bien loin du temps que je viens de rappeler, puisque, par suite de l'exploitation du sucre de betterave, le sucre colonial est devenu pour le pays un grave embarras, en cessant lui-même d'être une utilité.

Le sucre existant dans les fruits acides n'est pas d'ailleurs le seul sucre qui offre des caractères qui le distinguent du sucre ordinaire. On sait qu'un assez grand nombre de substances végétales, et particulièrement l'amidon, la fibre ligneuse, la gomme, sont susceptibles de se transformer sous plusieurs influences, en un sucre qui cristallise mal et qui se confond, par beaucoup de propriétés, avec le sucre qu'on extrait des raisins; il en est de même du sucre résultant de l'action des acides sur le sucre ordinaire, du sucre de miel, et enfin du sucre que l'on rencontre dans l'urine des diabétiques.

La ressemblance qui existe entre ces produits est si grande, que les chimistes ont, jusqu'à présent, considéré ces diverses matières sucrées comme identiques avec le sucre extrait des raisins. Mais les belles recherches de M. Biot, sur l'action comparative que leurs dissolutions exercent sur la lumière polarisée, doivent faire considérer leur réunion en une seule espèce comme un fait peut-être prématuré. Il est possible que les propriétés mieux connues de ces divers produits amènent plus tard à de nouvelles subdivisions : mais, dans tous les cas, les distinc-

tions si tranchées que je viens de citer, les sépareront toujours du sucre ordinaire.

Malgré l'intérêt que présentent les propriétés chimiques des différens sucres dont je viens de rappeler l'origine, ces propriétés, il faut l'avouer, ne sont jusqu'à ce jour que très imparfaitement connues. Et cependant, les circonstances dans lesquelles ces corps se rencontrent, se produisent ou s'altèrent, leur abondance dans les végétaux, leur importance commerciale, les difficultés que présente leur extraction industrielle, les ont placés depuis long-temps au nombre des substances les plus importantes que présente l'étude du règne organique. Pourquoi ces substances ont-elles été ainsi délaissées par les chimistes ? Pourquoi leur histoire n'est-elle pas aussi bien tracée que celle de tant d'autres qui, moins dignes d'intérêt à tous égards, sont beaucoup mieux connues ?

On peut, je crois, attribuer à plusieurs causes cette particularité : la chimie organique, envisagée comme science quelque peu positive, ne date réellement que de quelques années ; les chimistes modernes qui en ont posé les bases, ont fait preuve, assurément, d'une activité bien remarquable, en coordonnant, comme ils l'ont fait, les observations éparses de leurs prédécesseurs avec tous les faits nouveaux qu'ils ont découverts ou expliqués ; l'histoire du développement rapide et comme spontané d'une science aussi pleine d'avenir, occupera sans doute dans les annales scientifiques de notre époque, une place spéciale et privilégiée ; or, si les notions qu'on possède sur plusieurs séries de corps organiques, ne sont pas en rapport avec l'état général que présente la science, il faut s'en prendre surtout au temps, qui a dû nécessairement

manquer aux chimistes, absorbés comme ils le sont par d'autres recherches également importantes.

Peut-être aussi la nature particulière des matières sucrées a-t-elle détourné de leur examen les chimistes désireux de s'en occuper. Il est beaucoup plus facile, en effet, d'étudier des corps qui présentent des caractères nets et tranchés, des compositions bien distinctes, qui forment des combinaisons faciles à produire et à isoler, que de s'attacher à l'étude des substances qui, comme les sucres, offrent pour les combinaisons une parfaite indifférence, diffèrent peu entre elles par la composition élémentaire et s'altèrent facilement, en perdant le plus souvent le cachet particulier des corps bien définis, la faculté de cristalliser. Pour ne pas s'égarer dans de semblables recherches, il faut travailler long-temps et surtout avec suite, car la constance des résultats est quelquefois la seule preuve qui témoigne de leur réalité. Les diverses circonstances de la préparation des corps deviennent alors très nécessaires à apprécier, et c'est en ne perdant de vue aucune de ces circonstances que l'observateur peut trouver, dans les résultats qu'il obtient, une garantie morale qui lui permette d'arriver à quelques conséquences générales et théoriques.

Il est possible encore que la simplicité apparente qu'a présentée d'abord l'histoire des sucres, de l'amidon, du ligneux et des autres produits analogues, ait séduit quelques chimistes, et les ait empêchés de toucher à un édifice d'une construction en apparence si régulière et si simple. Telle est, en effet, la nature propre des sciences d'observation, qu'à chaque époque, les notions actuelles satisfont presque toujours l'esprit de ceux qui les donnent

et aussi de ceux qui les recoivent. On oublie trop souvent que les résultats auxquels on arrive ne doivent être considérés que comme des jalons destinés à guider nos successeurs vers une voie de perfection qu'heureusement peut-être nous ne soupçonnons même point.

Ces réflexions m'ont paru utiles pour faire comprendre comment j'ai été amené à entreprendre un travail sur les propriétés et la constitution des sucres ; et dans quel esprit j'ai cherché à accomplir la tâche que je m'étais imposée. Après deux années de recherches assidues sur ce sujet, je ne prétends pas l'avoir traité de manière à laisser peu de chose à faire aux chimistes qui s'en occuperont immédiatement après moi ; je crois, au contraire, j'espère qu'ils iront beaucoup plus loin que je ne l'ai fait. Aussi ai-je cherché à donner à mes résultats l'interprétation transitoire, s'il m'est permis de parler ainsi, qui se rapproche toujours le plus des nombres fournis par l'expérience, et ai-je évité toute déduction théorique n'en découlant pas nécessairement. Ce que j'ai fait pour les sucres, il va falloir le faire aussi pour les gommes, l'amidon, le sucre de lait, la mannite et les autres produits organiques qu'on appelle des produits neutres : alors seulement les liaisons qui existent entre ces différens corps pourront s'établir, alors seulement ce groupe naturel présentera quelque chose de la perfection relative que nous offrent d'autres séries organiques, et particulièrement la série alcoolique.

Dans ce premier mémoire j'ai eu pour objet principal d'étudier comparativement les propriétés et la constitution du sucre ordinaire et du sucre d'amidon. Je parlerai d'abord du sucre ordinaire.

Le sucre ordinaire provient, comme on sait, de deux sources qui alimentent abondamment le commerce de cet important produit. On l'extrait de la canne à sucre et de la betterave. L'identité de ce sucre, quelle que soit son origine, est si bien établie, même pour les personnes étrangères à toute notion chimique, que j'ai dû ne pas m'inquiéter de savoir si le sucre qui a servi à mes expériences venait des colonies ou de la culture indigène.

Depuis Lavoisier, presque tous les chimistes ont déterminé successivement la composition élémentaire du sucre ordinaire. Si l'on attachait quelque prix au nombre des analyses, aucune substance organique ne serait mieux connue pour les rapports que présentent ses élémens constituans. Cependant, si l'on compare entre eux les résultats obtenus par les observateurs les plus exacts, on remarque qu'ils présentent des différences, légères à la vérité, mais importantes si, comme je suis porté à le faire, ainsi qu'on le verra plus loin, on représente l'équivalent du sucre par un nombre plus élevé que celui qu'on a adopté jusqu'à ce jour. La nature propre des sucres rend d'ailleurs leur combustion fort difficile ; ce qui explique les divergences pour la détermination du carbone que présentent les principales analyses qui ont été publiées jusqu'à ce jour. Je crois utile de les rapporter ici :

	MM. Gay-Lussac et Thenard.	M. Berzelius.	MM. Dumas et Pelletier.
Carbone.....	42,47	42,22	42,13
Hydrogène...	6,40	6,60	eau
Oxigène.....	51,13	51,18	57,87
	100,00	100,00	100,00

	M. Prout.				M. Liebig.	M. Brunner.	
Carbone	42,85	41,9	42,2	42,1	42,30	42,09	42,38
Hydrog.	eau	eau	eau	eau	6,45	6,56	6,26
Oxigène	57,15	58,1	57,8	57,9	51,50	51,35	51,36
	100,00	100,0	100,0	100,0	100,	100,00	100,00

On voit qu'en accordant une égale confiance à l'habileté des chimistes auxquels ces analyses sont dues, on ne peut dire précisément si le sucre renferme 42,0 de carbone ou 42,5 comme l'exige la formule généralement adoptée par les chimistes.

J'ai donc cru devoir faire aussi quelques analyses du sucre ordinaire. J'ai opéré sur divers échantillons des plus beaux sucres candis que j'ai pu trouver dans le commerce ; j'ai obtenu :

	(1)	(2)	(3)
Carbone	42,2	42,26	42,26
Hydrogène	»	6,50	6,60
Oxigène........	»	51,24	51,14
		100,00	100,00

---

	(1)	(2)	(3)
Matière........	0,486	0,400	0,500
Acide carbonique ..	0,742	0,611	0,764
Eau..........	perdue	0,234	0,298

Avant de faire ces analyses, j'avais trouvé 42,0, 41,8, 41,9 de carbone, et toujours 6,5 d'hydrogène; j'employais alors de l'oxide de cuivre fin et j'opérais par la méthode ordinaire. Je crois l'addition d'une petite quantité de chlorate de potasse fondu utile pour arriver à un résultat plus approximatif pour cette détermination.

Afin de lever toute incertitude à l'égard de la composition du sucre, M. Dumas a bien voulu faire deux analyses de sucre candi, en ajoutant à l'oxide de cuivre un peu de chlorate de potasse. Voici les nombres qu'il a obtenus :

	(1)	(2)
Carbone.........	42,4	42,2
Hydrogène.......	6,5	»
Oxigène.........	51,1	»
	100,0	

Enfin M. Liebig, informé par M. Dumas des difficultés que je rencontrais d'abord pour la détermination du carbone, a eu la complaisance de faire de son côté quatre analyses de sucre candi qui lui ont donné 42,3, 42,43, 42,52, 42,2 pour le carbone, et toujours 6,4 d'hydrogène.

Or, comme la fixation de la quantité d'hydrogène ne peut laisser aucun doute par suite des analyses de M. Liebig et de leur accord avec les nouvelles analyses que je viens de citer, on peut considérer la formule suivante,

---

	(1)	(2)
Matière.........	600	1,200
Acide carbonique....	921	1,832
Eau............	353	perdue.

actuellement adoptée, comme représentant la composition élémentaire du sucre, en centièmes :

C^{24}..........	918,24	42,58
H^{22}..........	137,28	6,37
O^{11}..........	1100,00	51,05
	2155,52	100,00

Il est digne de remarque que cette formule s'accorde le mieux possible avec l'analyse de MM. Gay-Lussac et Thenard, la première qui ait été faite.

Cette composition étant bien fixée, j'ai cherché à déterminer l'équivalent ou le poids atomique du sucre en m'entourant d'un plus grand nombre de documens, que n'a pu le faire M. Berzelius dans le beau travail qu'il a publié il y a 23 ans pour arriver à ce but. On se rappelle en effet que l'illustre chimiste suédois, qui seul s'est occupé de cette détermination, n'a analysé qu'une combinaison saline, le saccharate de plomb. Il a considéré ce composé comme un sel bibasique dans lequel l'oxigène du sucre est à l'oxigène de la base comme 10 est à 2. La formule suivante représente donc ce saccharate de plomb :

$$C^{24} H^{20} O^{10} \, 2 \, PbO.$$

Le saccharate de plomb que j'ai analysé a été préparé soit par le procédé de M. Berzelius soit au moyen du sucre et de l'acétate de plomb ammoniacal : par le contact des deux dissolutions de ces corps, on obtient un précipité gélatineux qu'on lave à l'eau froide et qu'on dissout ensuite dans l'eau bouillante : et abandonnant cette nouvelle dissolution dans un flacon bouché à l'émeri,

on voit au bout de quelques jours le sel que l'on veut produire se précipiter peu à peu sous la forme de cristaux blancs et mamelonnés ; le composé qui a pris naissance est lavé rapidement, puis desséché dans le vide ou dans une boîte contenant de la chaux vive. Pour éviter complétement la formation du carbonate de plomb, il faut prendre quelques précautions. Mais elles sont si simples qu'il est superflu de les indiquer.

L'analyse du saccharate de plomb m'a donné les résultats suivans :

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Oxide de plomb..	59,1	59,6	59,1	59,1	59,4
Carbone.........	18,5?	19,1	19,1		
Hydrogène.......	2,4	2,4	2,5		

Ces analyses diffèrent peu des nombres suivans obtenus par M. Berzelius :

Sucre..............	41,74
Oxide de plomb	58,26
	100,00

---

(1) 0,936 matière ont donné 0,753 sulfate de plomb.
1,285 id., ont donné 0,928 acide carbonique et 0,306 eau.

(2) 0,652 matière (la même) ont donné 0,375 plomb et oxide de plomb, et 0,169 plomb.
1,274 matière (la même) ont donné 0,881 acide carbonique et 0,296 eau.

(3) 0,943 autre sel de plomb ont donné 0,758 sulfate de plomb.
1,000 id., ont donné 0,693 acide carbonique, et 0,227 eau.

(4) 0,427 autre sel ont donné 0,241 plomb et oxide de plomb, et 0,138 plomb métallique.

(5) 0,841 autre sel ont donné 0,487 plomb et oxide de plomb, et 0,155 plomb.

Mais elles s'écartent beaucoup de la formule C^{24} H^{20} O^{10} 2 PbO qu'il a déduite de ces nombres et qui donne 57,7 d'oxide de plomb. Je crois d'ailleurs que la différence qui existe entre les résultats de M. Berzelius et les miens tient à la dessiccation des sels analysés. J'ai desséché le saccharate de plomb à 170°, au bain d'huile, dans le vide. On peut le chauffer sans l'altérer au dessus de 200° centigrades.

Je crois donc qu'il y a lieu d'adopter la formule suivante comme représentant mieux la composition du saccharate de plomb.

C^{24}	918,24	19,4
H^{18}	112,31	2,3
O^{9}	900,00	19,3
2 Pb O	2789,00	59,0
	4719,55	100,0

Le sucre anhydre devient alors

C^{24}	918,24	47,5
H^{18}	112,31	5,8
O^{9}	900,00	46,7
	1930,55	100,0

On se rappelle que la formule C^{24} H^{20} O^{10} qui a représenté jusqu'ici ce même corps, donne

Carbone..........	45,0
Hydrogène..........	6,0
Oxigène..........	49,0
	100,0

Si le saccharate de plomb permet d'établir avec vrai-

explique, d'une manière satisfaisante, quelques faits anomaux, observés il y a quelques années par M. Henri Rose.

Cet habile chimiste a vu qu'en ajoutant une certaine quantité de sirop de sucre à la dissolution d'un sel de peroxide de fer, d'oxide de cuivre, etc., on rend ces oxides insensibles à l'action des alcalis qui les précipitent ordinairement. Or, les observations suivantes me paraissent donner la clef de ce fait, fort important pour l'analyse chimique.

Le sucre et les saccharates alcalins, pris isolément, n'exercent aucune action dissolvante sur les oxides métalliques ; ainsi, ni le sucre ni le saccharate de chaux ne dissolvent l'hydrate de cuivre ; mais, si on fait agir le mélange de ces deux corps, si on ajoute, par exemple, du sucre à une dissolution de saccharate de chaux, qu'on met alors en contact avec le même hydrate de cuivre, on voit ce dernier corps se dissoudre avec une singulière facilité ; la liqueur qu'on obtient présente une riche teinte d'un bleu violacé : elle est alcaline, et par conséquent insensible à l'action des alcalis. En en desséchant rapidement une petite quantité dans le vide, il reste un sel bleu non cristallin. Cette même liqueur, abandonnée à elle-même, soit à l'air, soit à l'abri de l'air, s'altère spontanément et laisse déposer un corps jaune qui est de l'hydrate de protoxide de cuivre, lequel résulte d'une réaction que je n'ai pas approfondie.

Il est vraisemblable que c'est à la formation de ces sels doubles solubles qu'il faut attribuer les phénomènes observés par M. Henri Rose, par suite de l'intervention du sucre et d'autres substances organiques, qui se compor-

tent sans doute comme lui lorsqu'elles sont placées dans les mêmes circonstances.

Enfin, j'ai analysé une combinaison autre que les précédentes, qui me semble jeter une lumière toute nouvelle sur la détermination de l'équivalent du sucre ordinaire. Depuis plusieurs années, on connaît une combinaison de sel marin et de sucre de diabètes; j'ai cherché à produire un composé analogue avec le sucre ordinaire, et j'y suis parvenu en dissolvant ensemble 1 partie de chlorure de sodium et 4 parties de sucre, puis en abandonnant à l'évaporation spontanée, dans un air sec, le mélange amené à consistance de sirop. La forme et la saveur des cristaux qui se déposent les premiers, permettent de les reconnaître d'abord pour du sucre candi; la dissolution, décantée à plusieurs reprises, finit par donner le composé qu'on veut produire et qui cristallise en dernier, car sa solubilité est telle, qu'il est déliquescent à l'air. Cette circonstance rend sa préparation assez difficile à exécuter.

Cette combinaison de sucre et de sel marin offre une saveur à la fois douce et salée : elle se présente sous la forme de cristaux à arêtes vives, mais que je n'ai pas pu obtenir sous un gros volume, bien que, dans ce but, j'aie essayé sa préparation chez un confiseur, en opérant sur cinq kilogrammes de mélange, et comme pour faire du sucre candi.

Son analyse élémentaire a donné :

	(1)	(2)
Carbone...........	37,3	37,3
Hydrogène.........	5,8	5,6
Chlorure de sodium..	14,5	14,8

Ces résultats s'accordent avec la formule suivante :

C^{48}........	1836,4	37,2
H^{42}........	262,0	5,3
O^{21}........	2100,0	42,7
Ch^{2}........	442,6	14,8
Na.........	290,8	
	4931,8	100,0

Il est difficile de ne pas admettre que, dans cette combinaison, le sucre joue le rôle d'un acide à l'égard du sel marin ; c'est là un sel de la nature du bichrômate de chlorure de potassium que j'ai fait connaître. Ce point établi, il y a plusieurs manières d'envisager sa constitution :

On peut, en effet, concevoir un sel double, résultant de la combinaison d'un atome de sucre candi avec un atome de sucre dont une partie de l'eau a été chassée et remplacée par une quantité équivalente de chlorure de sodium. Sa formule rationnelle devient alors :

$$(C^{24} H^{18} O^{9}, 2 H^{2} O + C^{24} H^{18} O^{9}, Ch^{2} Na, H^{2} O).$$

Ce fait trouve ses analogues dans les belles recherches de M. Graham, sur le rôle basique de l'eau dans les combinaisons salines.

(1) 0,422 matière, 0,570 acide carbonique, 0,223 eau.
(2) 0,400 matière, 0,540 acide carbonique, 0,205 eau.

Ou bien, ce composé peut être regardé comme renfermant un équivalent de sucre combiné avec un équivalent de sel. Le saccharate de baryte devient alors un sel bibasique, et le saccharate de plomb un sel à 4 équivalens de base, en conservant à ces termes le sens et la valeur qu'on leur a donnés depuis vingt ans.

Or, j'adopterai, en partie du moins, cette dernière manière de voir. Je pense qu'il convient de représenter un équivalent de sucre par la quantité qui se trouve unie avec le sel marin dans la combinaison qui nous occupe; mais je pense aussi qu'il faut considérer l'eau, dans cette combinaison et dans les autres combinaisons du sucre avec les bases, comme un corps essentiel et déterminant réellement la nature atomique du composé. Je crois qu'il faut admettre qu'avec des corps de la nature du sucre, l'eau joue le rôle et tient la place d'un oxide puissant, assez puissant pour ne pouvoir être que difficilement remplacé par d'autres bases. Mais alors, pour rester fidèles aux règles ordinaires, devons-nous considérer comme représentant un équivalent de sucre la quantité qui se trouve combinée avec un seul équivalent de base, cette base étant l'eau ou un oxide métallique? Cela est évidemment impossible, car alors le sucre candi deviendra $C^{14}H^{8}O^{4}\frac{1}{2}$, $H^{2}O$, le saccharate de baryte contiendra $\frac{1}{2}$ atome de baryte, la combinaison avec le sel $\frac{1}{4}$ d'atome de chlorure de sodium, plus des quantités d'eau fractionnaires. Afin de conserver au corps de la nature du sucre une simplicité, au moins commode, il me semble convenable de prendre provisoirement, pour l'équivalent de ces corps, la plus forte quantité de matière organique qui se combine avec un atome de base métallique. Pour le sucre ordinaire, cette quantité se

rencontre dans sa combinaison avec le sel marin.

Les formules suivantes exprimeront les combinaisons qui viennent successivement de nous occuper.

$C^{48}\ H^{44}\ O^{22}$	sucre ordinaire,
$C^{48}\ H^{42}\ O^{21}$, $Ch^{2}\ Na$	saccharate de chlorure de sodium,
$C^{48}\ H^{44}\ O^{22}$, $2\ Ba\ O$	saccharate de baryte,
$C^{48}\ H^{36}\ O^{18}$, $4\ Pb\ O$	saccharate de plomb.

En ayant égard aux considérations qui précèdent, sur le rôle essentiel de l'eau dans les composés de cette nature, on remarquera que trois de ces combinaisons renferment un nombre égal d'équivalens basiques.

$$C^{48}\ H^{36}\ O^{18} + (4\ H^{2}\ O)$$
$$C^{48}\ H^{36}\ O^{18} + (3\ H^{2}\ O,\ Ch^{2}\ Na)$$
$$C^{48}\ H^{36}\ O^{18} + (4\ Pb\ O).$$

Quant au saccharate de baryte [$C^{48}\ H^{36}\ O^{18}$ ($2\ Ba\ O + 4\ H^{2}\ O$)], il s'écarte de cette série, puisque la baryte n'y remplace pas d'eau ; il eût peut-être paru plus simple qu'il en fût autrement ; cependant, quand on réfléchit à l'affinité si énergique de la baryte pour l'eau, ne semble-t-il pas qu'en présence d'un acide aussi faible que le sucre, la baryte doit se maintenir à l'état d'hydrate, et former un composé dans lequel 2 équivalens d'hydrate de baryte [$2\ (Ba\ O,\ H^{2}\ O)$] remplacent 2 équivalens d'eau appartenant à la matière organique? En accueillant cette hypothèse, le saccharate de baryte peut rentrer alors dans la série précédente.

Le poids atomique élevé, que paraissent présenter la plupart des produits organiques naturels bien étudiés, rend d'ailleurs très vraisemblable la détermination du poids ato-

mique du sucre telle que je viens de l'établir. On remarque en effet que les matières grasses, les huiles essentielles, les résines, les alcalis végétaux, etc., offrent ce caractère d'une manière marquée : on voit, au contraire, le poids atomique décroître à mesure que ces substances se transforment en d'autres produits, qui manifestent d'ailleurs des affinités chimiques d'autant plus développées, qu'ils s'écartent davantage des corps primitifs.

Enfin, les modifications que je propose de faire subir à la formule qui doit représenter le sucre ordinaire, me paraissent appuyées encore par l'ensemble des faits que m'a présentés le sucre d'amidon ou de diabètes, dont nous allons maintenant nous occuper d'une manière spéciale.

Sucres autres que le sucre ordinaire. On sait que l'amidon soumis à diverses influences se change en un sucre fermentescible, très différent du sucre dont je viens de parler. La diastase, ce principe actif si singulier qu'on rencontre dans l'orge germé, l'acide sulfurique étendu, et beaucoup d'autres acides, opèrent, à l'aide de la chaleur, cette remarquable transformation.

Le sucre qui existe dans l'urine des diabétiques se confond, par l'ensemble de ses caractères, avec le sucre extrait de l'amidon : pendant long-temps, je pourrais même dire jusqu'à ce jour, les chimistes ont regardé comme étant aussi de la même nature que le sucre d'amidon, le sucre qu'on extrait des raisins, des divers végétaux sucrés et acides; le sucre de miel, le sucre qui résulte de l'action modifiante que les acides exercent sur le sucre

ordinaire, en un mot, tous les sucres fermentescibles autres que ce dernier, ont été regardés par eux comme des produits identiques, et ont été confondus et désignés indistinctement sous les noms devenus génériques de sucre d'amidon ou de sucre de raisins.

On ne peut nier, pour ces différens corps, l'existence d'un grand nombre de caractères communs qui ont dû frapper d'abord les observateurs et qui justifient la classification qu'ils ont adoptée. Mais il faut convenir aussi que ce groupement, tout séduisant qu'il est par sa simplicité, ne satisfait pas à quelques égards aux exigences nouvelles de la science. On se rappelle en effet que M. Biot en étudiant l'action qu'exerce sur plusieurs substances organiques un rayon de lumière polarisée qui traverse leurs dissolutions, a montré que la déviation du plan de polarisation produite par les divers sucres dont je viens de parler, ne permet pas d'admettre que la constitution moléculaire qu'ils présentent est la même pour tous. Il a vu, en effet, que le sucre obtenu au moyen de l'amidon, soit à l'aide de la diastase, soit par l'acide sulfurique, présente toujours la déviation à droite, comme le sucre ordinaire, mais avec une intensité moindre, mesurée par M. Biot avec sa précision habituelle. Le sucre qu'on extrait des raisins à l'état liquide, le sucre ordinaire modifié par les acides ou par une fermentation incomplète, offrent une rotation inverse, c'est-à-dire, font dévier vers la gauche de l'observateur le plan de polarisation. Le sucre de diabète agit comme le sucre d'amidon. M. Biot a remarqué en outre que quand le sucre de raisins devient solide en cristallisant, le sens de la rotation change, car sa dissolution prend alors la rotation à droite,

comme fait le sucre d'amidon avec lequel il devient alors probablement identique.

Les faits découverts par M. Biot méritent assurément de fixer au plus haut degré l'attention des chimistes. Comme il n'est pas permis de concevoir le plus léger doute sur l'exactitude et sur l'interprétation des résultats obtenus par cet illustre physicien, comme d'ailleurs le caractère optique dont il se sert est un caractère moléculaire, qui doit par conséquent avoir une liaison intime avec les propriétés chimiques des corps, il faut désormais avoir égard aux phénomènes que présente la rotation circulaire avant de se prononcer sur l'identité des sucres qu'on a jusqu'à présent confondus; mais d'un autre côté, puisque ces phénomènes ont précédé pour nous tous les autres caractères distinctifs, tout en déclinant l'insuffisance actuelle de nos moyens d'investigation, nous ne devons pas attacher aux différences qu'ils établissent une importance trop exclusive. M. Biot a mis entre nos mains un réactif nouveau, d'une très grande sensibilité, mais il pourrait assurément adresser aux chimistes des reproches fondés, si au lieu d'accueillir les conséquences que ce réactif leur fournit avec la sage réserve qui doit précéder l'adoption de toutes les vérités scientifiques, ils allaient attacher une valeur inconsidérée et non justifiée par d'autres caractères aux déductions qu'on en peut tirer touchant la constitution moléculaire des substances organiques.

Persuadé de la justesse de cette opinion, et n'ayant aucun fait chimique qui me permette d'établir une différence entre le sucre d'amidon, le sucre de raisins, liquide ou solide, etc., je réserverai cette question pour la traiter plus tard, tout en ayant soin dès à présent de donner le nom

de sucre d'amidon seulement au sucre obtenu au moyen de l'amidon, et d'observer la même précaution pour les autres sucres provenant de diverses origines ; le but que je me suis proposé dans cette partie de mon travail est de chercher à éclaircir la nature de ces corps, par l'étude approfondie des propriétés qui leur sont communes : c'est seulement quand ces propriétés seront bien connues qu'on pourra peut-être retrouver dans leurs caractères chimiques les différences qu'ils présentent sous l'influence de la lumière polarisée.

Sucre d'amidon et sucre de diabète. On rencontre maintenant, dans le commerce, du sucre d'amidon solide, blanc, présentant un état de pureté suffisant pour qu'il puisse servir pour la plupart des recherches de laboratoire. Ce sucre, préparé à Ruelle à l'aide de l'orge germé, par un procédé dû à M. Chaussenot, a singulièrement facilité mes recherches, par suite de son abondance et du bas prix auquel il revient. Je l'ai employé toutes les fois qu'il ne s'est pas agi d'expériences exigeant une très grande précision.

Dans le courant de l'année 1835, deux cas remarquables de diabète sucré se sont présentés successivement à l'hôpital de la Charité ; j'ai dû à l'obligeance de M. Rayer, médecin de cet hôpital, la faculté de pouvoir extraire des urines de ces malades une grande quantité de sucre qu'il m'a été facile d'obtenir doué d'une pureté parfaite. Après avoir constaté l'identité du sucre d'amidon avec le sucre de diabète, j'ai fait usage de ce dernier pour les recherches analytiques concernant leur constitution commune.

Comme la maladie si singulière dans laquelle ce sucre

se rencontre est assez rare, qu'on me permette de dire un mot sur son caractère essentiel, sur la nature des urines.

Les urines de ces deux diabétiques étaient limpides, presque incolores, neutres au papier de tournesol. La plupart des substances salines qui se trouvent dans les urines saines avaient disparu. L'une d'elles ne contenait pour ainsi dire que du sucre; l'autre renfermait en outre une forte proportion de sel marin. En les évaporant doucement, à feu nu, en consistance de sirop, au bout de quelques jours d'abandon, elles se prenaient en une masse cristalline, d'un jaune très clair; il était par conséquent inutile d'employer, pour avoir le sucre, le mode d'extraction indiqué par MM. Thenard et Dupuytren, lequel consiste à se débarrasser d'une partie des matières étrangères en les précipitant par le sous-acétate de plomb.

L'une de ces urines contenait 10 pour 100 de sucre; par suite de l'abondante sécrétion de ce liquide particulière à cette maladie, j'ai pu souvent, en traitant l'urine d'une même journée, en obtenir plus de 2 kilogrammes de sucre.

Pour purifier le sucre obtenu d'abord par la simple évaporation de l'urine, on le traite par l'alcool. En le délayant dans ce liquide, employé à la température ordinaire, et en lui faisant subir une sorte de terrage après l'avoir placé dans un entonnoir ou dans une allonge verticale, on le dépouille peu à peu de la matière colorante et des produits étrangers qu'il renferme en petite quantité; le sucre blanc qui reste est alors dissous dans l'alcool à l'aide de la chaleur, et au bout de

quelques jours il se précipite sous la forme de cristaux mamelonnés d'une blancheur parfaite. L'addition d'une petite quantité d'éther sulfurique à cette dissolution alcoolique facilite beaucoup la précipitation du sucre à l'état de pureté.

Le sucre de diabète ainsi préparé ne laisse aucun résidu par l'incinération ; par son mélange avec le sel marin, il fournit très facilement une combinaison qui donne des cristaux d'une netteté et d'un volume remarquables : je n'ai jamais obtenu ni vu du sucre d'amidon ou du sucre de raisins présentant à un degré aussi marqué les caractères d'un produit pur.

Depuis long-temps les chimistes considèrent ce sucre comme identique avec le sucre d'amidon ; toutes les propriétés qu'il possède s'accordent en effet si bien avec cette manière de voir qu'elle a été adoptée généralement, sans avoir eu égard aux résultats obtenus par un observateur fort habile, M. Prout, qui seul a analysé le sucre de diabète, et qui n'est pas arrivé à des résultats concluans pour décider cette question d'identité. M. Prout, en effet, a trouvé que ce sucre renfermait 36 à 40 pour 100 de carbone, et par conséquent 54 à 60 d'hydrogène et d'oxigène combinés dans le même rapport que dans l'eau (1). Bien que M. Prout dise : « qu'il pense que le sucre diabétique « appartient en général à la variété du sucre de miel, » cette analyse demandait à être refaite.

Les résultats suivans ont été obtenus en employant du

(1) Dr Prout on the ultimate composition of simple alimentary substances, etc. (Philosophical transaction of the royal society of London, for year 1827.)

sucre très blanc, provenant de divers traitemens. J'ai eu la précaution de le faire cristalliser dans l'eau, afin de chasser plus complétement l'alcool qu'il aurait pu retenir après sa précipitation de ce dernier liquide; je l'ai ensuite privé de l'eau hygrométrique, en le maintenant pendant plusieurs jours dans le vide sec à la température ordinaire. J'ai obtenu :

	(1)	(2)	(3)
Carbone......	36,4	36,8	36,7
Hydrogène....	7,4	»	7,3
Oxigène.......	56,2	»	56,0
	100,0		100,0

Ces analyses s'accordent aussi bien qu'on peut le désirer, avec la formule suivante, par laquelle on représente la composition du sucre d'amidon et celle du sucre de raisins.

C^{24}.......	917,24	36,8
H^{28}.......	174,70	7,0
O^{14}.......	1400,00	56,2
	2491,94	100,0

Cette formule a été déduite des analyses de MM. de Saussure, Prout et Guérin-Varry sur les sucres de raisins, d'amidon et de miel.

Je rapporte ici ces analyses :

---

	(1)	(2)	(3)
Matière..........	0,400	0,402	0,432
Acide carbonique.....	0,525	0,535	0,574
Eau..........	0,270	perdue	0,285

	Sucre de raisin.	Sucre d'amidon.				Sucre de miel.
	Anal. par M. de Saussure.	M. de Saussure.	M. Prout.	M. Guérin.	M. Guérin.	M. Prout.
Carbone	36,71	37,29	36,2	36,47	36,30	36,36
Hydrog.	6,78	6,84	63,8 eau	7,03	7,20	63,64 eau
Oxigène	56,51	55,87		56,50	56,50	

Il est donc bien établi que le sucre de diabète offre la même composition élémentaire que ces différens sucres.

J'ai trouvé d'ailleurs que desséché dans le vide à la température de 140°, il perd 9,1 d'eau pour cent (1).

Le sucre de raisins séché dans les mêmes circonstances m'a donné 9,0 (2).

M. Guérin a constaté que le sucre d'amidon éprouvait une perte de 9,44.

Or, si l'on admet que C^{24} H^{28} O^{14} perd 2 at. d'eau sous l'influence de la chaleur, c'est-à-dire se transforme en C^{24} H^{22} O^{11}, on trouve par le calcul la perte égale à 9,0; cette similitude de résultats confirme donc aussi l'identité de composition présentée par ces différens sucres.

Le sucre de diabète, le sucre d'amidon et le sucre de raisins possèdent en outre la propriété de se combiner avec le sel marin; le corps qu'on obtient au moyen de ces différens sucres possède la même composition élémentaire, ainsi que je vais l'établir.

On se rappelle que M. Calloud, pharmacien à Annecy, a le premier fait connaître cette combinaison saline qu'il obtint par la simple évaporation d'une urine dia-

(1) 1,112 sucre de diabète donnent 1,015 après avoir été chauffé deux fois à 140° dans le vide.

(2) 2,316 sucre de raisins laissent 2,107.

bétique. Dans le mémoire qu'il a publié en 1825 (1) sur ce sujet, il annonce que les autres sucres, sauf le sucre de raisins, ne peuvent pas se combiner avec le chlorure de sodium; j'ai déjà montré que cette assertion n'est pas fondée à l'égard du sucre ordinaire et j'ai donné la composition de la substance que j'ai obtenue. M. Brunner dans ces derniers temps a produit et étudié une combinaison identique avec celle que M. Calloud a fait connaître, et il l'a préparée au moyen du sucre d'amidon.

La facilité singulière avec laquelle on obtient ce composé en employant le sucre de diabète m'a permis de l'étudier avec soin. Son analyse était d'un grand poids, tant pour déterminer l'équivalent de ce sucre et celui de ses analogues, que pour établir le rapport qu'il présente par sa comparaison avec le sucre ordinaire.

M. Calloud l'a admis formé de :

8,3	chlorure de sodium,
91,7	sucre.
100,0	

Je pense que cette analyse lui a été fournie par un produit impur, car voici les quantités de sel marin pour 0/0 obtenues, au moyen de produits qui provenaient de différentes préparations; ces produits étaient d'ailleurs d'une évidente pureté.

	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Chlorure de sodium	13,0	13,2	13,0	12,8	13,1

(1) Journal de Pharmacie, année 1825, t. II, page 562.

	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Matière....	0,752	0,943	0,768	1,448	0,470
Sel marin...	0,098	0,125	0,100	0,185	0,062

Il est possible encore que quelque erreur se soit glissée dans les résultats peu détaillés publiés par M. Calloud, car M. Dumas ayant bien voulu me remettre des cristaux volumineux de cette même combinaison préparée par M. Calloud lui-même, j'ai trouvé qu'ils contenaient aussi 13,0 de sel marin.

L'analyse élémentaire de cette combinaison se fait aisément au moyen de l'oxide de cuivre ; elle m'a fourni :

	(1)	(2)
Carbone	33,3	33,4
Hydrogène	5,9	6,0

Enfin j'ai trouvé que ce composé renferme 8,0 (3) de chlore, lequel se trouve alors combiné en totalité avec le sodium.

La formule qui s'accorde le mieux avec ces diverses déterminations est la suivante :

C^{48}	1836,4	33,4
H^{52}	324,4	5,9
O^{26}	2600,0	47,4
Ch^{2}	442,6	13,3 = 8,0 chlore.
Na	290,8	
	5494,4	100,0

J'ajouterai qu'en chauffant ce saccharate de chlorure de sodium à 160° dans le vide j'ai trouvé qu'il perdait 6,0

	(1)	(2)	(3)
Matière	0,628	0,5970	0,931 matière,
Acide carbonique ..	0,758	0,713	0,13 chlorure d'argent.
Eau	0,337	0,319	

d'eau ; or en retranchant de la formule précédente 3 atomes d'eau, le calcul donne 6,1 pour représenter cette perte.

Les résultats auxquels je suis arrivé pour établir la nature de ce composé ont été obtenus avant la publication d'un travail fait en 1835 par M. Brunner, de Berne, sur le sucre d'amidon (1). Ce chimiste a préparé au moyen de ce sucre et du sel marin un composé identique avec celui dont je viens de donner l'analyse. Je m'en suis assuré en produisant le même corps avec le sucre d'amidon, et d'ailleurs la détermination du sel marin faite par M. Brunner ne laisse pas de doute à cet égard, car de cinq analyses qui diffèrent très peu entre elles il a tiré une moyenne qui tend à admettre 13,552 de chlorure de sodium dans 100 parties du composé.

Mais l'accord que présentent les analyses de M. Brunner et les miennes à l'égard du sel marin cesse d'exister pour le rapport des élémens combustibles; M. Brunner en effet, en recherchant la composition du sucre fournie par ses analyses après l'élimination du sel marin par le calcul, a obtenu les nombres suivans pour représenter en centièmes la composition de ce sucre :

Carbone. . . .	39,92	40,598	40,682	40,688	41,039	40,886	40,274
Hydrogène . .	6,82	6,729	6,719	6,866	6,282	6,700	6,928

Or le même calcul déduit de mes analyses donne :

Carbone............	38,5
Hydrogène.........	6,8
Oxigène...........	54,7
	100,0

(1) Annales de Phys. et de Chimie de Poggendorf, 1835, n° 2.

On conçoit que cette divergence de résultats a dû me préoccuper d'autant plus que M. Brunner en a tiré des conséquences sur le poids atomique du sucre d'amidon s'écartant beaucoup de celles auxquelles j'avais été conduit de mon côté par l'ensemble de mes expériences : M. Brunner, considérant que la formule C^{2} H^{2} O représente ses analyses, se demande si le sucre d'amidon ne serait pas un hydrate de carbone, et adopte pour le poids atomique de ce corps la formule C^{54} H^{50} O^{25}, qui exprime le poids du sucre combiné avec un atome de sel marin.

En admettant ces conséquences comme rigoureuses et nécessaires, il reste à examiner de quel côté peut être l'erreur.

Heureusement, cette recherche ne paraît pas difficile à faire. M. Brunner, peu content du procédé d'analyse organique employé maintenant par tous les chimistes, a cru devoir le remplacer par un procédé nouveau qui consiste à brûler la substance à analyser dans un courant d'oxigène, après l'avoir mélangée avec du quartz pur. Ce procédé donne en effet des résultats satisfaisans pour beaucoup de matières, car les analyses du sucre de cannes et de la mannite que donne M. Brunner, s'accordent convenablement avec les analyses faites par le procédé ordinaire. Mais on sait que si on met en présence, à une température élevée, du sel marin, de l'eau et de la silice, il se fait du silicate de soude et de l'acide chlorhydrique. C'est là une expérience classique qui se fait depuis long-temps dans tous les cours publics. Or comme deux de ces matières existent dans la combinaison qui nous occupe, comme la troisième est ajoutée aux deux pre-

mières dans le procédé employé par M. Brunner, il est vraisemblable qu'il s'est formé de l'acide chlorhydrique, dont l'absorption par la potasse a occasionné la différence qui existe entre nos résultats, différence qui n'existerait très probablement pas si M. Brunner avait brûlé, comme je l'ai fait, ses produits au moyen de l'oxide de cuivre.

Mais laissons cette petite critique que j'ai été obligé de faire à regret, pour établir par d'autres considérations l'équivalent des sucres de diabète et d'amidon, et probablement aussi des sucres de miel et de raisins.

On sait que l'oxide de plomb ne se combine pas avec ces sucres aussi facilement qu'avec le sucre ordinaire : « Par le contact de leurs dissolutions avec l'oxide de « plomb, dit M. Berzelius, une portion de sucre se dissout « instantanément, mais la combinaison basique est diffi- « cile à obtenir ; il est impossible de la chauffer jusqu'au « point d'ébullition de l'eau sans qu'elle devienne brune « et répande une odeur de brûlé (1). » Je donnerai plus loin l'explication de ce phénomène.

C'est sans doute à cause de l'altération de ce sucre dans cette circonstance, qu'aucune recherche ayant pour but la détermination de son poids atomique n'a été faite ou publiée. Aussi est-il bien admis par tous les chimistes que la formule qui représente sa composition et que j'ai citée plus haut, ne laisse rien préjuger relativement à cette détermination.

L'analyse de la combinaison avec le sel marin offre un premier acheminement vers la solution de cette question,

---

(1) Traité de Chimie, t. v, p. 251.

sur laquelle les faits suivans paraissent jeter quelque lumière.

Le sucre d'amidon et ses analogues se combinent avec l'oxide de plomb quand on a soin de ne pas faire intervenir l'action de la chaleur. On obtient une combinaison de ces corps en versant dans une dissolution aqueuse de sucre une dissolution d'acétate de plomb ammoniacal. Le précipité qui tend à se former se redissout d'abord pendant un certain temps, puis devient permanent : on a soin de maintenir dans la liqueur un excès de sucre.

Le saccharate de plomb insoluble qui a pris naissance est lavé et desséché à la température ordinaire, en prenant les précautions habituelles pour éviter l'absorption de l'acide carbonique de l'air. Quand il ne perd plus d'eau dans le vide sec à froid, on peut alors le chauffer à 150° dans le vide sans l'altérer : seulement de blanc qu'il est quand il se précipite, il devient jaunâtre.

Ce sel contient :

	(1)	(2)
Oxide de plomb........	66,0	66,4
Carbone.............	14,1	
Hydrogène...........	2,1	

Ces résultats s'accordent avec la formule suivante :

---

(1)	(1)	(2)
0,340 matière.	1,423 matière.	0,842 matière.
0,305 sulfate de plomb.	0,729 acide carboniq.	0,760 sulfate de plomb
	0,274 eau	

C^{48}	1836,4	14,6
H^{42}	262,0	2,0
O^{21}	2100,0	16,9
6 Pb O	8367,0	66,5
	12565,4	100,0

Cette combinaison avec l'oxide de plomb n'est pas d'ailleurs le seul composé salin qu'on puisse obtenir avec la variété de sucre qui nous occupe. La baryte et la chaux peuvent s'y unir, mais dans des circonstances très particulières qui m'obligent à ne donner que plus loin le procédé à suivre pour leur préparation ; la composition présentée par ces corps, s'accorde avec les formules suivantes :

$C^{48} H^{42} O^{21}$ 3 Ba O, 7 H^2 O saccharate de baryte ;

$C^{48} H^{42} O^{21}$ 3 Ca O, 7 H^2 O saccharate de chaux.

Ainsi, comme on va le voir par un examen plus attentif, ces sels renfermeraient toute l'eau que contient le sucre d'amidon à l'état cristallisé ; mais les difficultés que présente leur préparation peuvent laisser quelques doutes sur la quantité exacte d'eau qu'ils contiennent : comme cette incertitude n'existe pas à l'égard des rapports que la base minérale et le sucre présentent, l'on peut admettre que le même poids de ce dernier corps se combine tantôt avec trois équivalens de base, tantôt avec six équivalens, ainsi que cela résulte des analyses qui précèdent. Le mode de préparation du composé formé avec l'oxide de plomb est peut-être la cause de cette différence, ce composé se produisant dans les circonstances

les plus favorables à l'union d'une grande quantité d'oxide de plomb.

Or, si nous réunissons les divers élémens qui nous ont servi à rechercher l'équivalent du sucre d'amidon ; si nous nous rappelons que la composition élémentaire de ce corps à l'état cristallisé est représentée par la formule, $C^{24}H^{28}O^{14}$, et par $C^{24}H^{24}O^{12}$ lorsqu'il a perdu 9 pour 100 d'eau sous l'influence de la chaleur seule, nous sommes conduits à admettre les formules suivantes comme représentant ce sucre dans ses différens états :

$C^{48}H^{42}O^{21}, 7H^2O$	sucre d'amidon cristallisé ;
$C^{48}H^{42}O^{21}, 3H^2O$	sucre desséché à 130° ;
$C^{48}H^{42}O^{21}, Ch^2Na, 5H^2O$	composé de sucre d'amidon et de sel marin ;
$C^{48}H^{42}O^{21}, Ch^2Na, 2H^2O$	le même desséché à 130° ;
$C^{48}H^{42}O^{21}, 6PbO$	saccharate de plomb :
$C^{48}H^{42}O^{21}, 3BaO, 7H^2O$	saccharate de baryte ;
$C^{48}H^{42}O^{21}, 3CaO, 7H^2O$	saccharate de chaux.

En jetant les yeux sur ce tableau et en le comparant à celui qui représente le sucre ordinaire et ses combinaisons, il est facile d'apprécier les différences qui existent entre les deux variétés de sucre qui viennent de nous occuper, sous le rapport de leur composition élémentaire.

On voit, en effet, ainsi que cela est établi depuis long-temps, que le sucre ordinaire ($C^{48}H^{44}O^{22}$) peut être considéré comme différant par de l'eau en moins du sucre d'amidon ($C^{48}H^{56}O^{28}$), lorsqu'on prend ces deux corps à l'état cristallisé.

Ce dernier sucre peut seul, sous l'influence de la chaleur, abandonner une certaine quantité d'eau ; il devient alors $C^{48} H^{48} O^{24}$. Tous les deux se combinent avec l'oxide de plomb ; et on peut admettre qu'ils perdent dans cette circonstance toute l'eau qu'ils peuvent abandonner sans qu'il s'opère de changement dans leur constitution : on voit d'ailleurs que l'un se combine avec quatre atomes d'oxide de plomb, tandis que l'autre se combine avec six, puisque $C^{48} H^{36} O^{18}$, 4PbO représente le saccharate formé par le sucre ordinaire, et $C^{48} H^{42} O^{21}$, 6 Pb O le composé correspondant que produit le sucre d'amidon. De telle sorte que si, au lieu de prendre la substance organique comme unité, on prenait la base minérale, on serait conduit à admettre pour ce dernier sucre un poids atomique plus faible que pour le premier ; ce qui serait conforme aux circonstances dans lesquelles ces corps se rencontrent ou se produisent.

On voit encore que le même rapport de 4 à 6 ou de 2 à 3 se maintient dans les composés barytiques formés par les deux sucres ; car le saccharate de baryte du sucre ordinaire est $C^{48} H^{44} O^{22}$, 2BaO, celui du sucre d'amidon étant $C^{48} H^{56} O^{28}$, 3Ba O. Enfin, en admettant le rôle basique de l'eau, on trouve encore la même relation lorsque chacun de ces corps s'unit au chlorure de sodium, bien que chacune de ces combinaisons ne contienne qu'un seul atome de base minérale :

$C^{48} H^{36} O^{18}$, Ch^{2} Na, 3 H^{2} O composé de sucre ordinaire et de sel marin.

$C^{48} H^{42} O^{21}$, Ch^{2} Na, 5 H^{2} O composé correspondant du sucre d'amidon.

On peut admettre d'ailleurs que ces sels correspondent aux sels de plomb produits respectivement par leurs acides.

Ces différentes relations me paraissent d'une grande simplicité et détruisent la complication apparente que semble offrir au premier abord la nature des formules que je propose de substituer aux anciennes. En négligeant toutes les considérations accessoires, je ne crois pas d'ailleurs qu'il soit possible de donner, pour le moment, une interprétation plus rigoureuse des résultats analytiques consignés dans mon travail, alors même qu'on ne maintiendrait plus la relation naturelle qui paraît exister entre le sucre ordinaire et le sucre d'amidon.

Cette relation étant conservée, les caractères différentiels n'en deviennent d'ailleurs que plus importans à constater. C'est à ce titre que je crois devoir appeler toute l'attention des chimistes sur les phénomènes relatifs au sucre d'amidon dont je vais les entretenir, maintenant que la composition des deux variétés de sucre me paraît convenablement fixée.

En décrivant les propriétés du sucre ordinaire, j'ai montré combien il était facile de le combiner avec les bases alcalines; j'ai établi que le sucre dans les sels qu'il produit par cette union, ne perd aucune de ses propriétés habituelles.

Le sucre d'amidon et tous les sucres fermentescibles connus, autres que le sucre ordinaire, se comportent d'une manière bien différente par leur contact avec ces mêmes alcalis. Il se manifeste, dans cette circonstance, des phénomènes d'un intérêt puissant qui établissent en-

tre les diverses matières sucrées une ligne de séparation des plus tranchées.

On sait depuis long-temps que les dissolutions de sucre d'amidon et de ses analogues brunissent fortement sous l'influence des alcalis, surtout quand on vient à élever la température du mélange; l'oxide de plomb lui-même se comporte à cet égard comme un alcali. Quelle est la nature de l'altération que subit le sucre d'amidon dans cette circonstance? telle est la question que je me suis efforcé de résoudre.

Ainsi que le sucre ordinaire, le sucre d'amidon dissout, en présence de l'eau, une grande quantité de chaux, de baryte, de strontiane. Quelle que soit la pureté du sucre employé, la dissolution, faite peu à peu à la température ordinaire, prend toujours une couleur jaune qui se fonce avec le temps, même en l'abritant de tout contact avec l'air. Évaporée dans le vide immédiatement après sa préparation, elle laisse une masse cassante, translucide, qui contient de 18 à 20 pour o/o de chaux si on a fait usage de cet alcali. Avant de reconnaître que ce produit ne devait pas présenter une composition constante, je l'ai analysé bien des fois après l'avoir préparé, soit comme je viens de le dire, soit en le précipitant au moyen de l'alcool de sa dissolution aqueuse. La majeure partie du sucre qu'il contient n'a pas subi d'altération.

Mais si, au lieu d'être ainsi évaporée dans le vide aussitôt après sa préparation, cette même dissolution alcaline est abandonnée à elle-même pendant quelque temps, les propriétés caustiques qu'elle présente s'affaiblissent peu à peu; au bout d'un mois de conservation, par exemple, l'alcali, qui d'abord se comportait comme

s'il était libre, et qui par conséquent pouvait être séparé au moyen de l'acide carbonique, n'est plus précipitable par un courant de ce gaz. En se servant de l'acide oxalique, *non en excès,* pour enlever la chaux, on obtient une liqueur fortement acide au papier de tournesol, laquelle, sous l'influence de la levure de bière, ne donne plus aucun signe de fermentation.

Le sucre employé a donc été détruit, et ses élémens ont donné naissance à un acide énergique saturant complétement l'alcali dont la présence a déterminé sa formation, et avec lequel il a formé un sel soluble dans l'eau.

Comme il est difficile de distinguer l'époque à laquelle la transformation du sucre en ce nouvel acide est complète, et comme le sel de chaux qui se forme ne paraît pas susceptible de cristalliser, il convient de faire usage de sous-acétate de plomb pour opérer la séparation de ces produits. Le sucre, en effet, ne précipite pas au moyen de ce réactif, tandis que l'acide auquel il a donné naissance, neutralisé par une base, fournit un précipité blanc, volumineux, d'un isolement facile : c'est un composé basique formé par cet acide et l'oxide de plomb. En traitant ce sel par l'acide sulfhydrique, on obtient alors l'acide pur à l'état de liberté.

N'ayant pas encore fait de cet acide une étude convenable, je dirai seulement qu'il est extrêmement soluble dans l'eau; desséché dans le vide, il fournit une masse incristallisable, ayant l'aspect du tannin; à l'état sec, il attire fortement l'humidité de l'air; il se décompose quand on le soumet à une température supérieure à 100°; il laisse dégager beaucoup d'eau en brunissant fortement; sa saveur acide est très franche, et les sels qu'il

forme, qui sont neutres au papier de tournesol quand ils résultent de sa combinaison avec les alcalis, m'ont paru tous solubles dans l'eau, à l'exception du sel de plomb qui peut servir à sa préparation.

Dans l'embarras dans lequel je me trouve pour donner un nom convenable à cet acide, je proposerai le nom d'acide *kalisaccharique,* qui rappelle quelque chose de son origine.

Je n'ai pas encore déterminé la composition élémentaire de l'acide à l'état libre; mais j'ai analysé le kalisaccharate de plomb obtenu par le sous-acétate de cette base.

J'ai obtenu les résultats suivans :

	(1)	(2)	(3)
Oxide de plomb....	69,3	70,5	70,0
Carbone..........	14,8		14,2
Hydrogène........	1,9		

Plusieurs autres analyses s'accordent, ainsi que celles qui précèdent, avec la formule suivante :

C^{48}............	1836,4	15,4
H^{30}............	187,1	1,5
O^{15}............	1500,0	12,8
6 Pb O.........	8367,0	70,3
	11870,5	100,0

(1) Matière........ 0,336
Sulfate de plomb... 0,317
Matière........ 0,813
Acide carbonique.. 0,437
Eau.......... 0,144

(2) 0,839 matière,
0,805 sulfate de plomb.
(3) 0,436 matière,
0,418 sulfate de plomb,
1,000 la même,
0,515 acide carbonique.

Or, cette formule établit d'une manière nette le sens de la réaction qui a produit cet acide. En la rapprochant, en effet, de la formule $C^{48} H^{42} O^{21}$, qui représente le sucre d'amidon anhydre, on voit qu'elle en diffère par 6 atomes d'eau en moins. Ainsi ce sucre, pour se transformer en acide kalisaccharique, a perdu simplement une certaine quantité d'hydrogène et d'oxigène à l'état d'eau.

Mais cet acide n'est pas le seul corps qui prenne naissance par suite du contact du sucre d'amidon avec les alcalis ; j'ai supposé jusqu'ici que l'action s'était accomplie à froid, d'une manière spontanée ou avec le seul concours du temps, en présence d'une quantité d'eau assez considérable. Mais par l'intervention de la chaleur, d'autres phénomènes apparaissent et avec eux un autre produit.

Si, par exemple, on vient à mélanger une dissolution chaude et saturée d'hydrate de baryte avec du sucre d'amidon fondu à 100° dans son eau de cristallisation, une réaction des plus vives ne tarde pas à se manifester ; la température de la masse s'élève tellement, qu'une partie du mélange est souvent projetée en dehors du vase qui la contient, par suite du dégagement subit d'une grande quantité de vapeur d'eau : ce phénomène s'accomplit toujours quand à la baryte ou à la chaux on substitue la potasse ou la soude.

En même temps, le produit qui résulte de la réaction prend une teinte brune qui devient très intense quand on continue à maintenir la température élevée. Si, au contraire, l'opération est arrêtée plus tôt, l'acide kalisaccharique a pris surtout naissance, et c'est là un moyen sûr et rapide de l'obtenir, quand bien même la liqueur

se trouve colorée en brun ; car le sous-acétate de plomb, ajouté par fractions, précipite d'abord le produit colorant.

Mais si, comme je le suppose ici, on a développé la teinte noire du mélange en prolongeant l'action de la chaleur, on trouve qu'il se comporte sous l'influence des réactifs d'une manière toute particulière. En effet, on obtient au moyen de l'eau une dissolution brune, laquelle, après avoir été neutralisée par un acide, précipite en brun, non seulement par le sous-acétate, mais aussi par l'acétate neutre et l'azotate de plomb; le sulfate de cuivre y fait naître aussi un précipité brun abondant. Enfin, en y versant de l'acide chlorhydrique en excès, on fait naître un dépôt noir, floconneux, qu'on peut isoler par fractions et laver avec de l'eau aiguisée d'acide chlorhydrique, et qui ressemble, pour l'aspect, à l'acide ulmique.

Mais son analyse démontre qu'il est distinct de ce dernier acide ; j'ai obtenu les nombres suivans :

	(1)	(2)
Carbone........	62,9	62,0
Hydrogène	5,3	5,4

tandis que l'acide ulmique renferme seulement 57,64 de carbone.

Or, les résultats fournis par l'analyse de cet acide devraient être représentés par la formule,

---

(1) 0,329 matière,
0,159 eau,
0,748 acide carbonique.

(2) 0,394 matière,
0,890 acide carbonique,
0,195 eau.

C^{48}	1836,4	62,0
H^{23}	124,7	4,2
O^{10}	1000,0	34,8
	2961,1	100,0

si la détermination de l'hydrogène ne s'écartait pas d'un centième du nombre exigé par cette formule; la difficulté que présente la purification de ce corps est peut-être cause de cette divergence.

Une circonstance particulière pourrait d'ailleurs engager à admettre cette formule pour représenter la composition de cet acide, sauf vérification ultérieure. M. Svanberg (1) a fait connaître un acide noir qu'il obtient en traitant par la potasse caustique l'acide particulier que contient le cachou; quand j'eus connaissance du travail de M. Svanberg, l'analogie de cet acide noir, auquel il a donné le nom d'acide japonique, avec le produit que j'avais étudié, me frappa. L'acide japonique, en effet, se produit aussi par l'action des alcalis sur un corps qui, comme le sucre, contient l'hydrogène et l'oxigène dans les rapports qui constituent l'eau. On le précipite aussi à l'aide d'un acide de sa combinaison avec l'alcali employé. Son analyse a donné,

Carbone........	62,19
Hydrogène......	4,26
Oxigène........	33,55
	100,00

Sa composition s'accorde donc avec la formule qui pré-

(1) Répertoire de Chim. et de Phys. de M. Gauthier de Claubry, t. 1, p. 106.

cède. M. Svanberg admet de plus que la combinaison de cet acide avec l'oxide d'argent, est représentée par la formule $C^{48} H^{16} O^{8}$, Ag O ; quelques analyses, tentées par moi sur le sel de cuivre, m'ont fourni des résultats s'accordant assez bien avec cette détermination.

D'un autre côté, cette différence que présente la détermination de l'hydrogène dans ces analyses, et aussi une propriété saillante de l'acide que j'ai produit au moyen du sucre, laissent dans le doute sur cette identité. Cette propriété consiste en l'extrême solubilité de cet acide dans l'alcool concentré. Or, dans le mémoire de M. Svanberg, il est dit que l'acide japonique est difficilement soluble dans ce liquide. Si cette propriété a été bien constatée par l'auteur du mémoire, elle offre un caractère distinctif pour séparer les produits dont il s'agit ici.

Enfin, lors de la production des deux acides que forme le sucre d'amidon par son contact avec les alcalis, j'ai constamment remarqué l'existence d'un corps non volatil qui réduit à froid les sels d'argent avec une facilité singulière. Je ne connais aucun corps qui opère cette réduction d'une manière aussi instantanée. Si ce corps avait quelque analogie de composition avec l'acide formique, on concevrait aisément la formation d'un produit complémentaire contenant, relativement aux autres élémens, plus d'hydrogène que n'en renferme le sucre ou l'acide japonique du cachou.

Je regrette de laisser ainsi dans l'incertitude une question facile à résoudre par des expériences ; mais, comme l'étude que je dois faire de ces produits et de ceux dont j'ai encore à parler dans ce Mémoire exigera sans doute encore beaucoup de temps, j'ai cru qu'il était utile de

donner dès à présent les notions que je possède sur eux, comme étant déjà immédiatement nécessaires à la connaissance plus parfaite de la nature des sucres.

Si on vient d'ailleurs à prouver que l'acide noir dont il vient d'être question offre réellement la composition que présente l'acide japonique, rien ne deviendrait plus facile à expliquer que sa formation, puisqu'il ne diffère du sucre et de l'acide kalisaccharique que par de l'eau en moins. L'action des alcalis sur le sucre de raisins présenterait donc trois phases bien distinctes : d'abord il y a combinaison, et je montrerai plus loin comment on peut isoler les sels formés qui renferment le sucre d'amidon inaltéré ; ensuite il y a action décomposante et formation d'un premier acide ; puis, sous l'influence prolongée de la chaleur, d'un second acide, tous les deux ne différant du sucre que par de l'hydrogène et de l'oxigène que celui-ci perd dans le rapport et sous la forme de l'eau.

Ainsi, en prenant ces différens corps à l'état sec, on voit que C^{48} H^{42} O^{21} (sucre d'amidon) devient d'abord C^{48} H^{30} O^{15} (acide kalisaccharique), puis deviendrait C^{48} H^{18} O^{8} (deuxième acide?), ou plutôt on voit que, sous l'influence prolongée des causes qui lui ont donné naissance, le premier corps qui se forme se transforme en un nouveau produit, doué comme lui des propriétés acides.

Ce dernier corps, quelle que soit sa composition, est digne d'un intérêt particulier ; car il paraît se produire dans des circonstances variées, et être le résultat de la transformation finale d'un certain nombre de substances organiques ; il y a lieu de croire que, dans plusieurs cas, il a été jusqu'à ce jour confondu avec l'acide ulmique. Il se produit, par exemple, quand on fait

agir l'acide sulfurique concentré sur le sucre de cannes. Je reviendrai sur cette action.

Actuellement, que j'ai fait connaître l'action complexe que les alcalis exercent sur le sucre d'amidon; je demanderai aux chimistes si la science offre beaucoup d'exemples de transformations aussi singulières, aussi inattendues? Le sucre d'amidon est, à beaucoup d'égards, un corps doué d'une incontestable stabilité; les circonstances variées dans lesquelles il se produit, les agens énergiques mis en œuvre pour sa préparation, montrent qu'à l'état isolé les élémens qui le constituent sont maintenus unis par une force puissante. Les corps qui lui donnent naissance subissent leur transformation en absorbant les élémens de l'eau, et c'est ainsi qu'il se produit au moyen de l'amidon, du ligneux, de la gomme, du sucre de lait, etc. Et cependant nous voyons ce même corps, placé sous l'influence des alcalis, se détruire spontanément en perdant de l'eau, *et cela au sein même de l'eau*, pour se transformer en un acide éphémère, d'une nature presque opposée à la sienne, lequel subit à son tour l'intervention décomposante des corps qui lui avaient donné naissance. Ces réactions, si nettes et si prochaines, me paraissent présenter un haut enseignement pour l'étude naturelle des produits végétaux, et je crois la force catalytique elle-même impuissante pour les expliquer.

J'ai dit que la présence de l'eau était nécessaire pour que ces transformations pussent s'opérer; il est nécessaire que j'insiste sur cette circonstance. Je ne veux pas dire que le sucre sec résiste à l'action des alcalis également secs : cela n'est pas; mais l'action produite sous

la constitution du sucre en associant à ses élémens une nouvelle quantité d'eau, me paraît tout-à-fait comparable à l'action que l'eau elle-même et le temps exercent sur l'acide phosphorique calciné ; elle permet d'expliquer comment le sucre ordinaire ne se trouve jamais dans les végétaux franchement acides.

D'après les phénomènes optiques présentés par le sucre qui résulte de cette altération, on peut contester son identité avec le sucre d'amidon. Bien que je sois parvenu à l'obtenir à l'état cristallisé, il prend cet état avec bien plus de peine que le sucre d'amidon et aussi peut-être que le sucre de raisins : aussi a-t-il été considéré généralement comme incristallisable ; mais sous l'influence des alcalis, il se comporte comme le sucre d'amidon ; d'après l'ensemble des caractères qu'il présente, il est impossible d'émettre une opinion raisonnable sur sa nature avant d'avoir terminé son étude, de laquelle je m'occupe actuellement avec un soin particulier.

D'un autre côté, M. Malagutti a montré qu'à l'aide de la chaleur les acides étendus d'eau transforment le sucre de cannes en sucre analogue au sucre de raisins, puis en acide ulmique et aussi en acide formique si on opère en présence de l'air atmosphérique.

Comme la composition de l'acide ulmique peut être représentée par de l'eau et du charbon, comme celle du sucre, cette transformation s'explique par une équation analogue à celle qui rend compte de l'altération du sucre d'amidon sous l'influence des alcalis. Je ferai remarquer à cette occasion qu'on a été trop vite en admettant, comme on l'a fait, une identité d'action entre les alcalis et les acides sur

le sucre d'amidon. L'acide noir qui se produit à l'aide des alcalis n'est pas assurément de l'acide ulmique.

J'ai déjà dit qu'en mettant l'acide sulfurique concentré (SO^3, H^2O) en contact avec le sucre ordinaire, il y a coloration et formation d'une certaine quantité d'acide noir qui paraît identique avec celui qui se produit finalement au moyen du sucre d'amidon et des alcalis. Ici encore se trouve un caractère distinctif très important à établir entre ces deux variétés de sucre : car le sucre d'amidon se dissout sans se colorer sous l'influence de ce même acide, ainsi que l'a fait remarquer Polydore Boullay dans son intéressant travail sur l'acide ulmique.

Cependant, il y a là autre chose qu'une simple dissolution : la réaction qui se produit présente un grand intérêt ; car *l'acide sulfurique se combine avec le sucre d'amidon, et de cette union résulte un acide nouveau, analogue par sa constitution à l'acide sulfobenzoïque ou à l'acide sulfovinique.*

Rien de plus facile que de produire l'acide sulfosaccharique (car c'est ce nom que je lui donnerai provisoirement). On fait fondre au bain-marie une partie de sucre d'amidon cristallisé, puis on mêle la matière fondue avec une partie et demie d'acide sulfurique concentré ; comme la température s'élève beaucoup, on a soin de faire le mélange par petites portions, de l'agiter sans cesse, de le refroidir au besoin, en plongeant dans l'eau froide le vase qui le contient : si le sucre n'est pas entièrement pur, ou si la réaction est un peu trop vive, le produit résultant présente une couleur brune peu intense, qui ne nuit en rien à la pureté du sel de plomb, qu'on prépare ensuite pour séparer l'acide sulfosac-

charique du sucre ou de l'acide sulfurique qui peuvent se trouver en excès.

Pour opérer cette séparation, on sature par la craie le produit brut résultant du mélange dont il vient d'être question, après avoir opéré sa dissolution dans une grande quantité d'eau. Il se fait du sulfosaccharate de chaux neutre qui reste dissous, et du sulfate de chaux, qui en grande partie se précipite. On ajoute à la liqueur filtrée de l'acétate de baryte, jusqu'à cessation de dépôt de sulfate de baryte, lequel est dû à l'existence du sulfate calcaire resté dans la liqueur limpide. C'est alors qu'au moyen d'une dissolution de sous-acétate de plomb on précipite l'acide sulfosaccharique à l'état de sulfosaccharate de plomb. Si toute la matière colorante n'a pas été entraînée par les précipitations précédentes, on s'en débarrasse aisément à l'aide d'une petite quantité de sous-acétate de plomb, qui la précipite la première; le sulfosaccharate de plomb qu'on fait naître ensuite est d'un blanc parfait, facile à recueillir et à laver.

Desséché dans le vide, d'abord à la température ordinaire, puis à 170°, il a présenté la composition suivante :

	(1)	(2)	(3)	(4)
Oxide de plomb..	54,0	55,3	53,2	53,2
Carbone........		18,0	18,6	
Hydrogène......		2,38	2,6	
Acide sulfurique.		4,9	4,1	

Ces analyses s'accordent assez bien avec la formule qui suit :

C^{48}..........	1836,4	18,0
H^{40}..........	250,0	2,4
O^{20}..........	2000,0	19,9
SO^3.........	501,1	4,9
$4\,PbO$.......	5578,4	54,8
	10165,9	100,0

Ainsi, un équivalent de sucre s'unit à un équivalent d'acide sulfurique pour former ce nouvel acide ; mais il se présente là plusieurs questions importantes à décider : d'abord, quelle est la nature du sucre existant dans cette combinaison ? son poids atomique ne se dédouble-t-il pas, et le composé ne devient-il pas alors tout-à-fait comparable à l'acide sulfovinique ? Quelle est la quan-

(1) Matière.......... 0,550
Plomb et oxide de plomb. 0,287
Plomb........... 0,123

(2) Matière.......... 0,752
Sulfate de plomb..... 0,566
Matière........... 1,000
Acide carbonique.... 0,655
Eau............. 0,215
Matière........... 1,331
Sulfate de plomb..... 0,250
(Pour l'acide sulfurique.)

(3) Matière..... 1,306
Sulfate de plomb 0,948
Matière..... 0,706
Acide carbonique 0,475
Eau....... 0,170

(4) Matière..... 0,563
Sulfate de plomb 0,408

tité exacte d'hydrogène et d'oxigène existant dans le rapport de l'eau dans l'acide libre et dans le sel de plomb? Bien que j'aie supposé dans la formule précédente un atome d'eau en moins que dans le sucre d'amidon sec, on conçoit facilement, en voyant le poids atomique énorme du sulfosaccharate de plomb, qu'il faut analyser d'autres sels pour ne point laisser de doute à cet égard. Ces questions et d'autres sont encore à résoudre; je n'ai voulu que constater dès à présent l'existence de l'acide sulfosaccharique; toute son étude me reste à faire.

Je n'ai pas besoin de dire que cet acide s'obtient à l'état de liberté, en traitant par l'acide sulfhydrique le sulfosaccharate de plomb en suspension dans l'eau. Ainsi préparé, sa dissolution rougit la teinture de tournesol, ne précipite pas les sels de baryte, et présente une saveur à la fois douce et acide, comme celle de la limonade. Presque tous les sels qu'il forme sont solubles dans l'eau.

Son instabilité à l'état libre est très grande; la chaleur du bain-marie altère rapidement sa dissolution, en produisant du sucre et de l'acide sulfurique. Il se décompose même dans le vide à la température ordinaire; car le produit qui reste après évaporation précipite abondamment les sels de baryte.

Le sucre ordinaire, traité de même par l'acide sulfurique concentré, paraît fournir aussi, outre des produits noirs, dans des circonstances déterminées, de l'acide sulfosaccharique ou un acide analogue. Je m'occupe d'approfondir cette action.

Enfin, j'ai étudié l'action que la chaleur exerce sur les sucres: ici le résultat définitif est le même, quelle que soit la nature du sucre soumis à cette influence.

Action de la chaleur sur les sucres.

On sait que le sucre, quelle que soit son origine, entre en fusion, puis se décompose lorsqu'on l'expose à l'action de la chaleur. Le sucre ordinaire et le sucre d'amidon présentent d'abord, aussi dans cette circonstance, des différences marquées. Le premier ne fond qu'à la température de 180° cent., et ce n'est que vers 200° qu'il commence à perdre de l'eau en subissant une altération profonde; le sucre d'amidon et le sucre de raisins fondent avant la température de 100°; ils perdent 9 p. 100 d'eau sans que leur constitution soit changée; c'est alors seulement qu'en continuant à élever la température ils brunissent et se décomposent. Quels sont les produits qui résultent de cette décomposition? Telle est la question que je vais traiter, et on verra que ces produits sont simples et parfaitement en rapport avec la nature propre des matières sucrées.

On lit dans les traités de chimie qu'en chauffant du sucre dans un appareil distillatoire, on obtient de l'eau, de l'acide acétique, des matières huileuses, de l'acide carbonique, des hydrogènes carbonisés, etc., et enfin un abondant résidu de charbon. Un chimiste anglais, Cruickshanks, a même pris la peine de déterminer le poids de ces différentes matières, comme si ce poids ne variait pas avec les circonstances présentées par chaque opération.

Tels sont en effet les produits de la décomposition des sucres soumis sans précaution à l'action décomposante de la chaleur; mais les phénomènes prennent un tout

autre aspect lorsqu'au lieu d'employer cet agent d'une façon immodérée et pour ainsi dire barbare, on l'applique graduellement, en s'arrêtant à un certain point, de manière à soustraire à son influence les produits qui tendent d'abord à se former. A cet égard, l'étude attentive de l'action du calorique sur l'acétate de baryte et le benzoate de chaux, sur les acides de l'opium et de la noix de galles, sur l'acide malique et sur plusieurs autres produits organiques, a ouvert aux chimistes une voie toute nouvelle, en leur montrant que les corps altérables par la chaleur, au lieu de subir une décomposition complexe, produisent des substances nouvelles dont l'origine est simple et évidente, et pour lesquelles l'analyse établit facilement comme une sorte de descendance et généalogie.

J'ai dit qu'en chauffant le sucre ordinaire à 180°, il entrait en fusion : à cet état il n'est pas altéré, et il forme un liquide visqueux, incolore; mais pour peu qu'on dépasse cette température, il brunit, perd de l'eau aux dépens de sa constitution, qui se trouve alors profondément modifiée. Abandonné dans cet état à l'air humide, il absorbe plus d'eau qu'il n'en a perdu, et il devient déliquescent; traité par les alcalis, il se colore très fortement sous leur influence, comme fait le sucre d'amidon lui-même.

Si on porte la température à 210° ou 220° cent., et si on y maintient le sucre en ayant soin de ne pas dépasser cette température, ce qui s'obtient facilement au moyen du bain d'huile, on voit le sucre se boursouffler, et une réaction vive et comme spontanée se produire au sein de ses élémens; le sucre prend alors une teinte brune qui devient bientôt de plus en plus foncée. *Il ne se*

dégage pas la plus petite quantité de produits gazeux permanens, mais il se forme beaucoup de vapeur d'eau, et cette eau condensée renferme des traces d'acide acétique et une matière huileuse qui exhale faiblement l'odeur particulière au sucre brûlé.

Quand le boursoufflement a cessé, on trouve dans la cornue un produit noir, ayant l'aspect brillant de l'anthracite : ce produit est entièrement soluble dans l'eau; sa dissolution, qui présente une riche teinte de sépia, n'a plus rien de la saveur douce du sucre; elle est tout-à-fait insipide, comme la gomme arabique elle-même; sous l'influence du ferment, elle ne manifeste aucun signe de fermentation. Tels sont les caractères différentiels de ce produit à l'état de pureté; et quand bien même on n'arrive pas à l'obtenir immédiatement à cet état, on y parvient toujours en traitant une ou deux fois par l'alcool la substance qui est restée dans la cornue, après l'avoir dissoute dans une très petite quantité d'eau. S'il reste du sucre, l'alcool le dissout, ainsi que le produit accidentel qui présente l'amertume particulière au sucre brûlé; le produit pur étant insoluble dans l'alcool, se trouve précipité.

La substance qui nous occupe présentant, par sa préparation et sa couleur, quelque analogie avec le caramel du commerce, qui est un mélange de sucre et de cette substance elle-même, je la désignerai sous le nom de *caramel,* afin d'éviter la création toujours embarrassante d'un nom nouveau.

Le caramel, desséché à la température de 180°, m'a offert une composition constante : l'analyse de ce corps ne se fait, d'ailleurs, qu'avec de très grandes difficultés;

comme il ne fond pas, il tend à laisser un résidu de charbon d'une combustion fort pénible.

J'ai obtenu les nombres suivans :

	(1)	(2)	(3)	(4)
Carbone........	46,6	46,6	47,5	46,9
Hydrogène......	6,1	6,1	6,2	6,3

Ces résultats s'accordent avec la formule

C^{48}	1836,4	47,5
H^{36}	224,6	5,9
O^{18}	1800,0	46,6
	3861,0	100,0

On remarquera que le caramel renferme, comme le sucre, l'hydrogène et l'oxigène dans les rapports qui constituent l'eau. On voit d'ailleurs que, pour se transformer en ce produit, le sucre perd quatre atomes d'eau, ce qui est d'ailleurs confirmé par l'expérience directe. Le caramel présente donc la composition du sucre anhydre tel qu'il existe combiné avec l'oxide de plomb. Il est impossible de concevoir une décomposition plus simple.

Les sucres d'amidon, de diabète et de raisins, soumis dans les mêmes circonstances à l'action de la chaleur, se transforment en un produit identique avec le caramel obtenu au moyen du sucre ordinaire; seulement il y a dé-

	(1)	(2)	(3)	(4)
Matière.........	0,400	0,400	0,385	0,400
Acide carbonique...	0,675	0,674	0,662	0,679
Eau	0,221	0,223	0,216	0,226

gagement d'une plus grande quantité d'eau, et l'opération devient un peu plus difficile à conduire à cause du bouillonnement considérable qui se manifeste lors de la décomposition.

Le caramel joue le rôle d'un acide faible ; il précipite très abondamment l'acétate de plomb ammoniacal ; il forme avec l'eau de baryte un précipité brun, volumineux, qui ne se dissout pas, même dans l'eau chaude. J'ai fait un grand nombre d'analyses de ce produit qui renferme ordinairement 20 à 21 p. 100 de baryte, mais la constance des résultats que j'ai obtenus n'est pas suffisante pour établir sa composition par une formule.

Il arrive quelquefois que, dans la préparation du caramel, on outrepasse ou on prolonge trop l'action de la chaleur ; ce corps se décompose à son tour, en perdant seulement une nouvelle quantité d'eau ; le produit qui reste n'est pas soluble et peut facilement être séparé du caramel lui-même. Ce produit renferme encore l'hydrogène et l'oxigène dans les mêmes rapports que les produits dont il dérive. Si, enfin, on continue l'action de la chaleur, la température finit par s'élever assez pour que les élémens combustibles réagissent entre eux, et on a alors la décomposition ultime qui, seule jusqu'à présent, avait été observée.

Il est très vraisemblable que la plupart des substances qui, par leur composition, sont analogues aux sucres, fourniraient, sous l'influence de la chaleur convenablement appliquée, des produits semblables à ceux dont il vient d'être question. Une étude de cette nature, faite sur le ligneux, par exemple, conduirait sans doute à expliquer facilement la formation de l'acide acétique que

les produits de la décomposition du bois renferment en quantité variable, selon que la distillation est plus ou moins ménagée.

De la Nature de la Bile;

PAR M. H. DEMARÇAY.

Il est peu de substances qui aient autant attiré l'attention des chimistes que la bile; et cependant, malgré les nombreux travaux dont elle a été l'objet, sa nature nous est encore peu connue. Considérée par les anciens chimistes comme un savon à base de soude, elle devint entre les mains de leurs successeurs un mélange de substances plus ou moins indifférentes, mais dont chacun augmenta le nombre. Les derniers travaux de M. Gmelin nous représentent la bile comme composée de vingt-deux corps différens presque tous neutres et peu connus. Le travail que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie a pour but de soutenir l'opinion des premiers chimistes et de montrer comment des produits de décomposition ont été souvent considérés comme parties intégrantes de la bile dont les neuf dixièmes au moins sont un véritable savon à base de soude, facile à décomposer et à recomposer, et qui tient en dissolution des quantités variables, mais toujours minimes, d'autres substances en petit nombre.

Toutes mes expériences ont été faites sur de la bile

évaporée à siccité au bain-marie dans des vases de porcelaine, et séparée par l'alcool de la matière muqueuse qui en forme 4 ou 5 centièmes, matière coagulée par les acides faibles et par un grand nombre de sels. J'ai préféré l'isoler par le moyen de l'alcool qui la précipite presque complétement, et qui ne peut altérer autrement la bile.

Ces recherches ont été faites en majeure partie à Giessen dans le laboratoire de M. le professeur Liebig; qu'il me soit permis, en les publiant, de lui exprimer ma vive reconnaissance pour ses encouragemens et ses bons conseils.

De l'action des acides sur la bile.

Pour plus de clarté, je vais d'abord considérer le cas d'un acide faible et agissant à une température assez basse, puis j'examinerai l'action de cet acide concentré peu à peu par l'évaporation, soutenue par une température plus élevée.

Si l'on prend 10 parties de bile dissoute dans 100 parties d'eau, et qu'on y ajoute 10 parties d'acide hydrochlorique, la liqueur se trouble légèrement; ce qui provient de la précipitation d'un reste de matière muqueuse. Si l'on fait évaporer la dissolution filtrée à une température peu élevée, par exemple sur un bain-marie dans une capsule très évasée, on voit bientôt paraître une matière huileuse d'un vert foncé qui flotte à la surface et se dépose aux parois, et la liqueur se trouble légèrement. Abandonnée à elle-même, lorsque son volume est réduit à moitié, elle redevient transparente au bout

de quelques heures, et dépose un corps vert bouteille facile à séparer par décantation. Des flocons blancs d'acide margarique couvrent la surface de la dissolution.

Le dépôt a la consistance de l'huile d'olive figée, sa saveur est très amère, sa couleur verte foncée; il se dissout complétement dans l'eau; mais la dissolution se trouble bientôt; traité par la potasse caustique il donne de l'ammoniaque. Secoué avec du carbonate de baryte jusqu'à neutralisation complète de l'acide hydrochlorique, il a une réaction acide très prononcée, et laisse sur la lame de platine, après la combustion, un charbon très volumineux et une cendre alcaline, c'est de la baryte caustique.

Le reste de la dissolution séparée par filtration de l'acide margarique, et évaporée de nouveau jusqu'à réduction à moitié, donne une nouvelle quantité de cette même substance qu'on sépare de même que le premier dépôt.

Mais si l'on chauffe le reste de la liqueur toujours dans l'eau bouillante et dans un matras où l'évaporation est beaucoup moindre et la température plus élevée, maintenant que l'acide est devenu plus concentré, les produits changent. Nous voyons bien la substance huileuse verte se séparer du liquide; mais peu à peu elle s'épaissit, brunit, celui-ci devient laiteux, une substance de couleur acajou presque noire s'agglomère en larges gouttes ou en plaques peu fluides qui se solidifient par le refroidissement et s'attachent aux parois du vase.

Ce corps présente absolument les mêmes caractères que la résine biliaire de M. Gmelin; il est solide à froid, cassant, très friable, d'une texture serrée; sa couleur

est un brun plus ou moins foncé, sa saveur est très amère. Il est insoluble dans l'eau froide ou chaude; dans cette dernière il redevient fluide, mais reste toujours très épais. Échauffé avec une dissolution de potasse caustique, il se combine avec la base sans dégager d'ammoniaque. La combinaison flotte au dessus de l'alcali en excès, sous forme d'un magma couleur d'acajou.

Évaporant ce qui reste de la dissolution, on obtient une nouvelle quantité de ce corps, ensuite une cristallisation abondante de sel marin, et en dernier lieu la liqueur devenue épaisse et noire donne de beaux cristaux prismatiques, blancs et transparens; c'est la substance azotée découverte par Gmelin et décrite par lui sous le nom de taurine. Si l'on récapitule maintenant les produits de l'opération, on les trouvera au nombre de quatre : 1° une substance liquide, azotée, soluble dans l'eau; 2° une substance solide non azotée, insoluble dans l'eau; 3° du chlorure de sodium; 4° de la taurine. Mais une seule expérience simplifie l'explication des phénomènes; car la première substance séparée, traitée au bain-marie par son poids d'acide hydrochlorique étendu d'eau, se décompose bien nettement en la substance brune, solide, non azotée et insoluble dans l'eau, et en taurine qui cristallise par l'évaporation.

L'action de l'acide muriatique semble dès lors facile à expliquer. Faible, il a séparé le corps azoté acide et l'acide margarique de la soude avec laquelle ils étaient probablement combinés. Le premier, insoluble dans l'acide muriatique, s'est précipité; le second s'est séparé sous forme cristalline. Puis l'acide étant devenu plus

concentré, a réagi sur le corps azoté et l'a décomposé à son tour. Si donc on employait dès le commencement de l'acide hydrochlorique concentré ou en grand excès, toute la bile devrait être décomposée en chlorure de sodium, taurine et substance solide non azotée.

L'action des acides sulfurique et phosphorique est exactement la même. Les acides tartrique et oxalique séparent l'acide margarique seulement, du moins l'acide azoté ne se dépose pas, et comme il est insoluble dans ces acides ou leurs combinaisons avec la soude, on doit en conclure que la bile n'est pas décomposée. L'acide acétique est tout-à-fait sans action sur la bile; l'acide nitrique la décompose très facilement et donne de l'oxide d'azote.

Action des alcalis sur la bile.

La décomposition de la bile par les alcalis est simple, les produits en sont peu nombreux et faciles à déterminer; mais l'opération doit être très prolongée pour que la transformation soit complète.

Si l'on prend 10 parties de bile dissoutes dans 50 parties d'eau, et qu'on fasse bouillir avec 10 parties de potasse caustique, avec la précaution de remplacer l'eau qui s'évapore, la dissolution passe très vite au brun. La potasse forme d'abord avec la bile un magma oléagineux couleur d'acajou qui se sépare de l'alcali en excès. Mais le magma est bientôt décomposé par celui-ci, et on voit paraître dans la liqueur des grains jaunes, qui, rapprochés par l'ébullition, se rassemblent en grumeaux d'un aspect cristallin. En même temps il se développe une odeur ammoniacale assez forte et désagréable. Le gaz

dégagé brunit fortement le papier jaune de curcuma, il donne avec l'acide hydrochlorique d'épaisses fumées blanches; d'ailleurs son odeur piquante fait assez reconnaître que c'est de l'ammoniaque. Les grumeaux augmentent peu à peu, le magma diminue, et la décomposition de la bile est complète lorsqu'il a tout-à-fait disparu et que le dégagement d'ammoniaque a cessé. Il ne reste plus alors qu'une masse brune couvrant le liquide alcalin dans lequel elle est insoluble.

Ce corps est très soluble dans l'eau, les acides forment dans sa dissolution un précipité blanc, jaunâtre, floconneux, qui vient former à la surface une croûte solide très spongieuse et friable. L'éther la dissout très bien et dépose par l'évaporation des cristaux blancs, transparens. Ils sont insolubles dans l'eau, mais très solubles dans l'alcool. Leur dissolution rougit vivement le papier de tournesol, décompose les carbonates, neutralise les bases; c'est un acide bien caractérisé.

Voici donc deux produits de la décomposition de la bile par la potasse : de l'ammoniaque et un acide. Mais si, comme je l'ai avancé, la bile n'est qu'une combinaison d'un acide avec la soude, cet acide traité par la potasse doit donner les mêmes produits que la bile. En effet, si l'on fait bouillir avec de la potasse l'acide azoté séparé par l'action des acides faibles, il se décompose en ammoniaque et en l'acide décrit.

La chaux, la baryte et la strontiane décomposent aussi la bile. L'oxide de plomb et ses sels basiques agissent sur elle en dégageant de l'ammoniaque. On peut s'en convaincre en faisant digérer à une chaleur modérée de

la litharge et de la bile, et suspendant à l'ouverture du matras un papier de curcuma humecté.

Réaction des sels de plomb sur la bile.

M. Gmelin a prouvé que les sels de plomb ne précipitent la bile qu'en partie. Il a d'abord employé l'acétate neutre de plomb, puis l'acétate bibasique, a séparé le plomb en excès par l'hydrogène sulfuré et obtenu un résidu blanc visqueux indifférent par ses réactions, auquel il a donné le nom de sucre de bile à cause de sa saveur sucrée et amère. C'est le corps connu chez nous sous le nom de picromel. J'ai répété avec quelques légers changemens les expériences de M. Gmelin, mes résultats s'accordent très bien avec ce qui précède.

J'ai ajouté à une dissolution aqueuse de bile de l'acétate neutre de plomb. La liqueur est restée neutre ou a pris une faible réaction acide. Le précipité était vert, floconneux d'abord, poissant, il augmentait par l'addition de l'eau et par l'évaporation libre de la dissolution. Je l'ai séparé et lavé par décantation, couvert d'eau, et j'ai fait agir l'hydrogène sulfuré. J'ai bien obtenu du sulfure de plomb, quoique l'action du gaz fût lente et difficile; mais il m'a été impossible de séparer ce sulfure du liquide visqueux qui le tenait en suspension, il passait à travers tous les filtres. J'ai eu recours à un autre procédé; j'ai trituré le précipité dans l'alcool, qui le dissolvit presque entièrement, et dégageai de l'hydrogène sulfuré. La décomposition fut alors prompte et facile, la filtration parfaite. J'évaporai l'alcool à siccité, il resta un magma brun, réagissant, fortement acide, très vis-

queux, d'une saveur amère et un peu soluble dans l'eau. Traité par la potasse caustique, ce corps m'a donné de l'ammoniaque et des cristaux de l'acide mentionné plus haut. L'acide hydrochlorique le change en résine biliaire de Gmelin et en taurine.

Je décomposai de la même manière le précipité blanc jaunâtre très visqueux obtenu par l'acétate bibasique de plomb; le produit fut absolument le même. Tous ses caractères, toutes ses réactions, l'identifiaient avec la substance azotée acide séparée du premier précipité.

Restait à examiner la partie non précipitée par les sels de plomb, le picromel. J'en séparai l'oxide de plomb en excès par l'hydrogène sulfuré, évaporai au bain de vapeur à consistance de sirop, et abandonnai ce résidu à lui-même pendant deux mois. Je n'obtins aucune cristallisation, la liqueur réagissait toujours, un peu acide, sans doute à cause d'un peu d'acide acétique libre. Je l'ai étendue d'eau, l'ai évaporée à siccité, et après avoir repris le résidu par l'eau distillée, ai neutralisé le peu d'acide qui restait avec quelques gouttes d'ammoniaque. J'ai ajouté alors de l'acétate de plomb, et il s'est formé un précipité blanc, poissant, qui s'attachait aux parois du vase, tout-à-fait semblable à ceux obtenus en traitant directement la bile par ce sel.

La saveur du picromel était fortement amère, sa couleur blanc jaunâtre. Échauffé sur la lame de platine, il fondait, se boursoufflait, s'enflammait bientôt, brûlait avec une flamme très fuligineuse, et laissait un résidu charbonneux considérable, mêlé à une quantité notable de soude, tout-à-fait comme la bile. Pour m'assurer que ce n'était autre chose, je pris quelques grammes de bile

dissoute dans l'eau, y ajoutai de l'acide acétique et ensuite de l'acétate de plomb, je n'obtins aucun précipité; c'était donc l'acide libre qui empêchait la précipitation. Je traitai ensuite ce picromel par l'acide hydrochlorique, et obtins les mêmes produits qu'avec la bile, y compris le chlorure de sodium. L'expérience avait au reste déjà été faite et très bien décrite par M. Gmelin. La potasse caustique me donna de même les produits que j'attendais.

Mais il restait une objection : pourquoi le picromel a-t-il une saveur sucrée différente de celle de la bile? J'ai très souvent goûté les deux corps, les ai fait goûter à plusieurs personnes qui n'y ont trouvé presque aucune différence. On sent aussi souvent cette saveur plutôt indifférente que douce en goûtant la bile qu'en goûtant le picromel, et la plupart du temps on n'a que le goût amer. Cette saveur sucrée si fugitive dépend sans doute du plus ou moins de sensibilité de la partie de la langue ou du palais qui vient en contact avec la substance, de la quantité qu'on en prend et surtout de sa consistance. Dans tous les cas elle disparaît très vite, et il reste une amertume insupportable.

Je crois, d'après ces faits, que le picromel n'est autre chose que de la bile non précipitée, pour des causes faciles à assigner. Les précipités que forme la bile avec les sels de plomb sont loin d'être insolubles dans l'eau, surtout dans celle qui contient un excès d'acétate; si même on fait évaporer doucement le précipité obtenu avec l'eau-mère après addition suffisante d'acétate de plomb, il finit par se dissoudre complétement et il reste un sirop transparent, jaunâtre, qui se trouble si on le délaie

dans beaucoup d'eau. Or, on ajoute toujours un excès de sel de plomb, car les dernières parties ne causent qu'un léger trouble dans la liqueur, et on doit en ajouter beaucoup si on ne s'arrête qu'au moment où il ne se forme plus rien. De plus ce précipité est très soluble dans l'acide acétique libre, et l'acétate de plomb du commerce en contient très souvent.

Je suis d'ailleurs parvenu, dans des expériences en petit, à séparer d'un coup toute la matière organique de la soude. Je précipitai une once de bile par du sulfate de cuivre bien neutre, obtenu en faisant digérer le sel dissous avec de l'hydrate d'oxide de cuivre. Après avoir redissous le précipité dans un excès de sulfate, j'ajoutai au tout 10 fois son volume d'alcool à 45°, et laissai reposer quelques heures. Toute la soude fut précipitée comme sulfate, de même que le sel de cuivre en excès. La dissolution alcoolique ne contenait plus une trace de soude; traitée par l'hydrogène sulfuré elle donnait la même substance brune azotée, acide, que j'avais déjà obtenue par l'action des acides faibles sur la bile et par la décomposition des sels de plomb.

Conclusions.

Après avoir rendu compte de l'action des acides et des alcalis sur la bile, et développé les circonstances de sa précipitation par les sels de plomb, il m'est à peine nécessaire de montrer quels phénomènes m'ont amené à la considérer comme un savon à base de soude. Ses caractères physiques, son homogénéité, sa consistance visqueuse, son extrême solubilité dans l'eau, son énergie

à la retenir ou à s'en emparer, et de plus la propriété remarquable qu'elle possède de dissoudre les graisses en grande quantité, la rapprochent tellement de ces corps, que les premiers observateurs devaient la classer parmi eux.

Dans les expériences qui précèdent, on voit partout reparaître une substance douée des mêmes caractères physiques et chimiques, donnant toujours par sa décomposition les mêmes produits peu nombreux et faciles à distinguer. J'ai été naturellement amené à tâcher de reconstituer la bile en recombinant à la soude cette substance que j'en avais séparée soit par l'action des acides, soit par la décomposition des sels de plomb ; je suis parvenu à obtenir un sel bien défini, possédant tous les caractères de la bile, les mêmes réactions, et qui a laissé par la calcination exactement la même quantité de soude. Traité par les acides, les alcalis et les sels de plomb, il se comporte comme la bile ; l'analogie entre les deux substances est telle qu'on ne peut refuser de voir en elles un seul et même composé.

Lorsqu'on relit avec attention les travaux faits sur ce sujet, on voit reparaître à chaque instant cet acide particulier de la bile soit isolé, et presque pur comme dans la résine biliaire de M. Berzélius, soit plus ou moins décomposé comme dans celle de MM. Thenard et Gmelin.

La décomposition de la bile est si simple, si nette, qu'il est impossible, après l'avoir vu, de ne pas reconnaître dans la résine biliaire et la taurine de M. Gmelin des produits de décomposition.

La difficulté d'obtenir toutes les substances bien pures, et celle encore plus grande d'obtenir des sels neutres

avec des acides gras d'affinités aussi faibles, m'ont empêché de démontrer analytiquement la simplicité de décomposition.

Je passe maintenant à la description de l'acide particulier de la bile que j'ai nommé acide choléique (de χολη, bile), et à celle des trois produits de sa décomposition : la substance solide non azotée que j'ai nommée acide choloïdique (de χολοειδης, qui ressemble à la bile), la taurine, et l'acide cristallisable soluble dans l'éther auquel j'ai conservé le nom d'acide cholique, car c'est je crois le même corps que Gmelin a décrit sous ce nom (*cholsaure*).

Acide choléique.

L'acide choléique forme, combiné à la soude, les neuf dixièmes au moins de la bile de bœuf. Quoique séparé aisément de celle-ci, il est difficile à obtenir pur. Il y a deux manières de le préparer.

1° On dissout dans 100 parties d'eau 10 parties de bile traitée préalablement par l'alcool, on y ajoute 2 parties d'acide sulfurique étendues de 10 parties d'eau, et on fait évaporer dans une capsule à une douce chaleur. Lorsque la liqueur se trouble, que des gouttelettes oléagineuses commencent à se montrer à la surface, on la laisse refroidir et on l'abandonne pendant 8 à 10 heures. Au bout de ce temps l'acide choléique s'est séparé sous forme d'un magma vert, de la consistance de l'huile d'olive figée. On décante la liqueur, on filtre afin d'en séparer l'acide margarique et la cholestérine qui flottent à la surface, et on fait évaporer de la même manière jusqu'à

séparation d'une nouvelle quantité d'acide qu'on laisse déposer et séparer. On recueille jusqu'à ce que la dissolution soit réduite au quart de son volume; plus tard elle donnerait peut-être des produits mêlés d'acide choloïdique. Les dépôts lavés avec un peu d'eau distillée sont réunis, dissous dans l'alcool, et on y ajoute avec précaution quelques gouttes d'eau de baryte, afin de séparer l'acide sulfurique libre. La dissolution filtrée et évaporée jusqu'à consistance de sirop est secouée avec de l'éther qui enlève le peu d'acide margarique qui pourrait rester; on sépare ensuite cet éther, on évapore autant que possible sur le bain-marie, l'acide devient de plus en plus pâteux, on le transporte encore chaud sous le récipient de la machine pneumatique, et on fait le vide vivement. La masse s'élève, se boursouffle beaucoup, et abandonne une grande partie de l'eau qu'elle contient. En répétant deux ou trois fois cette manœuvre, on obtient l'acide choléique sec en une masse jaune très spongieuse et friable. Préparé ainsi, il contient presque toujours une petite quantité de soude et de baryte et tout le principe colorant.

2° L'autre procédé consiste à décomposer le précipité que la bile forme avec les sels de plomb. On ajoute de l'acétate neutre de plomb en excès à de la bile dissoute dans 10 ou 15 parties d'eau, et on verse ensuite un peu d'ammoniaque, ce qui augmente beaucoup le précipité. On chauffe légèrement afin de le faire fondre, on décante et lave par trituration avec de petites quantités d'eau, puis on traite par l'alcool bouillant qui dissout un sel acide, laisse un sel basique et la combinaison du principe colorant avec l'oxide de plomb. La dissolution

Vingt heures après la combustion elle contenait 45,5 à 28 p. 5 l. de pression, et à + 4° ; à 28 pouces et o° = 45,48.

On a, en soustrayant, 11,11 d'azote pesant 0g,014.

2° 0,430 d'acide ont été brûlés ; la cloche, avant la combustion, contient 35,5 à 28 p. 5 l. et + 8°, c'est-à-dire à 28 p. et o° 34,98.

Dix-huit heures après la combustion elle contenait 46 cent. cub. à 28 p. 3 l. et + 4° ou à 28 p. et o° 45,72.

Soustrayant on a 10,74 cent. cub. d'azote, qui pèsent 0,014.

J'ai déterminé le poids atomique de l'acide choléique en brûlant un sel de soude qui avait la même composition que la bile.

1° 1g,828 de sel ont donné 0,304 de sulfate contenant 0,132 de soude combinés dans le sel à 1,696 d'acide choléique. L'équivalent de base se combine donc à 5022,6 d'acide.

2° 1g,862 ont donné 0,308 de sulfate, contenant 0,134 de soude combinés dans le sel à 1,718 d'acide choléique. L'équiv. de base se combine donc à 5011,6.

3° 1,581 de sel ont donné 0,262 de sulfate contenant 0,114 de soude combinés d'abord à 1,467 d'acide choléique, L'équiv. de base se combine ainsi à 5939,2 d'acide.

De ces trois poids atomiques j'ai déduit pour l'acide choléique la formule 41C + 66H + 2N + 12O, qui donne pour poids atomique 4922,727, et s'accorde passablement avec les résultats des analyses.

	I.	II.	III.	Calculé
Carbone....	63,818	63,707	63,568	63,662
Hydrogène..	9,054	8,821	8,854	8,365
Azote......	3,349	3,255	»	3,596
Oxigène....	»	»	»	24,377

Je dois dire que l'acide analysé contenait une trace de soufre.

Pour m'assurer de l'identité du choléate de soude avec la bile, j'ai brûlé celle-ci, afin de déterminer directement le poids atomique de l'acide.

1° 2,1295 de bile traitée par l'alcool et séchée dans le vide sur l'acide sulfurique ont donné 0,3505 de sulfate de soude ou 0,152 de soude. L'équivalent de soude se combine à 5084,2 d'acide.

2° 1,763 de bile ont donné 0,291 de sulfate contenant 0,126 de soude. L'équiv. de soude se combine à 5078,5 d'acide.

3° 1,617 de bile ont donné 0,267 de sulfate contenant 0,116 de soude. L'équiv. de soude se combine à 5058,1 d'acide.

Si l'on compare les trois nombres obtenus par la calcination du choléate de soude 5022,4 — 5011,8 — 5030,2 avec les trois nombres obtenus par la combustion de la bile 5084,2 — 5078,5 — 5058,1, il est difficile d'admettre qu'ils proviennent de l'analyse de substances différentes.

Sels de l'acide choléique.

J'ai préparé le choléate de soude de la manière suivante : j'ajoutai à une dissolution alcoolique d'acide

Taurine.

Cette substance a été très bien décrite par M. Gmelin; je donnerai seulement sa préparation et l'analyse que j'en ai faite.

Le procédé le plus simple pour préparer la taurine consiste à faire bouillir la bile avec de l'acide muriatique jusqu'à ce que la liqueur d'abord trouble soit redevenue claire. On sépare par décantation l'acide choloïdique formé, et on évapore jusqu'à ce que la majeure partie du sel marin ait cristallisé. On ajoute maintenant à l'eau-mère 5 ou 6 fois son volume d'alcool, et on l'abandonne à elle-même pendant quelque temps. La taurine se dépose presque en totalité en belles aiguilles cristallines. Il suffit de filtrer, laver avec de l'alcool et de les redissoudre dans l'eau bouillante pour obtenir la taurine pure.

1° 0,345 de taurine m'ont donné 0,247 d'acide carbonique, et 0,179 d'eau.

2° 0,5085 de substance ont donné 0,351 d'acide carbonique, et 0,2625 d'eau.

3° 0,405 de substance ont donné 0,289 d'acide carbonique, et 0,204 d'eau.

J'ai déterminé l'azote par la comparaison des volumes d'acide carbonique et d'azote fournis par la combustion avec l'oxide de cuivre.

1re détermination.				2e détermination.				3e détermination.			
	Volume d'acide carboniq.	Volume d'azote.	Rapport de l'azote = 1 à l'acide carboniq.		Volume d'acide carboniq.	Volume d'azote.	Rapport de l'azote = 1 à l'acide carboniq.		Volume d'acide carboniq.	Volume d'azote.	Rapport de l'azote = 1 à l'acide carboniq.
1	18,2	4,4	4,1	1	16,4	3,6	4,5	1	18,8	4,3	4,3
2	17,7	4,0	4,4	2	16,3	3,6	4,5	2	17,1	4,0	4,2
3	20,8	5,1	4,0	3	15,9	3,7	4,3	3	15,7	3,8	4,1
4	19,2	4,6	4,1	4	15,6	3,6	4,3	4	16,8	4,2	4,0
5	15,0	3,6	4,1	5	17,5	2,6	6,7	5	15,4	3,8	4,0
6	26,7	7,1	3,7	6	16,0	3,5	4,5	6	14,2	3,8	3,7
7	15,0	4,2	3,5	7	16,6	3,2	5,1	7	17,6	4,3	4,09
8	21,9	5,6	3,9	8	16,9	3,3	5,1	8	17,4	4,2	4,1
9	19,1	5,2	3,6	9	15,3	4,6	3,3	9	15,0	3,9	3,8
10	25,3	7,7	3,3	10	11,5	7,2	1,6	10	15,9	3,0	5,3
				11	7,0	3,0	2,3	11	11,6	5,1	2,2

La somme de tous les volumes d'acide carbonique = 198,9 est dans la première détermination à la somme des volumes d'azote = 51,5 comme 3,86 est à 1.

Dans la seconde détermination la somme des volumes d'acide carbonique = 165,0 est à la somme des volumes d'azote = 41,9 comme 3,93 à 1.

Dans la troisième la somme des volumes d'acide carbonique = 175,5 est à la somme des volumes d'azote comme 3,95 : 1.

De ces analyses j'ai conclu que l'acide carbonique était à l'azote dans le rapport de 4 à 1, par conséquent le carbone à l'azote comme 2 : 1. La formule $4C + 14H + 10O + 2N$ calculée d'après ces données, s'accorde avec les résultats des analyses.

	I.	II.	III.	Calculé.
Carbone.......	19,767	19,243	19,713	19,4
Hydrogène.....	5,774	5,66	5,588	5,5
Azote.......	»	»	»	11,2
Oxigène......	»	»	»	63,6

C'est la formule de l'oxalate acide d'ammoniaque (4C + 6o) + (2N + 6H) + (8H + 4o).

Acide choloïdique.

L'acide choloïdique est facile à préparer. On fait bouillir la bile dissoute dans 12 à 15 parties d'eau avec un excès d'acide hydrochlorique pendant trois ou quatre heures, et on laisse refroidir. L'acide s'est réuni au fond du vase en une masse solide ; on décante la liqueur, et on le fait fondre trois ou quatre fois dans de petites quantités d'eau distillée, qui lui enlèvent la plus grande partie de l'acide hydrochlorique qu'il contient. On pulvérise, jette sur un filtre, et lave la substance à l'eau froide tant qu'il y a réaction avec le nitrate d'argent. On dissout ensuite dans un peu d'alcool, on secoue avec de l'éther pour séparer la cholestérine et l'acide margarique, et on évapore à siccité sur le bain-marie. L'acide choloïdique préparé ainsi contient généralement une trace de chlorure de sodium dont il m'a été impossible de le séparer.

C'est un acide gras fixe, solide à la température ordinaire, sec ; il ne fond qu'au dessus de 100°. Il est jaune, inodore, d'une saveur très amère, et facile à réduire en poudre. Échauffé dans l'eau bouillante, il s'y fond en

un magma brun très pâteux. Il est très soluble dans l'alcool même faible, peu soluble dans l'eau et presque insoluble dans l'éther. Ses dissolutions rougissent fortement les couleurs végétales, décomposent à froid les carbonates avec effervescence ; et forment ainsi des sels acides peu solubles même dans l'alcool. Les bases sont complétement neutralisées par l'acide choloïdique, quoiqu'il soit faible. Les acides le précipitent de ses dissolutions salines en flocons jaunâtres qui se réunissent par la chaleur et se liquéfient.

L'acide choloïdique que j'ai analysé contenait une trace de soude probablement combinée à l'acide hydrochlorique ; brûlé avec l'acide de cuivre, il m'a donné les nombres suivans :

1° 0,434 d'acide ont donné 1,156 d'acide carbonique et 0,3745 d'eau.

2° 0,3498 d'acide ont donné 1,007 d'acide carbonique et 0,329 d'eau.

3° 0,3365 d'acide ont donné 0,893 d'acide carbonique et 0,287 d'eau.

Si l'on retranche de la formule de l'acide choléique la formule de la taurine,

$$\begin{array}{lrrrr} & 41\,C & +\ 66\,H & +\ 2\,N & +\ 12\,O \\ & 6\,C & +\ 14\,H & +\ 2\,N & +\ 10\,O \\ \hline \text{il reste} & 37\,C & +\ 52\,H & & +\ 2\,O \\ \text{Ajoutant 4 at. d'eau} & & 8\,H & & +\ 4\,O \end{array}$$

il vient 37C + 60H + 6O, qui donnerait pour l'acide choloïdique le poids atomique 3802,509, et pour 100

parties 74,3 de carbone et 9,8 hydrogène. Ce qui se rapproche des nombres obtenus :

	I.	II.	III.
Carbone	73,522	73,301	73,156
Hydrogène	9,577	9,511	9,477

Mais les résultats obtenus par la combustion des choloïdates ne s'accordent pas avec cette formule. Il m'a été impossible jusqu'ici d'obtenir des sels de l'acide choloïdique bien constans dans leur composition. J'ai cherché à préparer le sel de potasse par le même procédé que le choléate de soude, mais sans succès. Tous les sels de cet acide sont si facilement décomposés par l'eau en sels acides et sels basiques, que les choloïdates de plomb, de baryte, de cuivre et d'argent, formés par la précipitation avec le même sel de potasse, m'ont donné des résultats différens.

Les choloïdates de zinc, de manganèse, de fer, de plomb, de cuivre et d'argent sont des précipités floconneux qui, chauffés avec précaution, deviennent grenus et fondent vers + 80°. Ils sont tous un peu solubles dans l'eau. Dans un prochain travail je compte revenir sur cet acide et ses combinaisons, ainsi que sur l'acide cholique.

Acide cholique.

Quoique la bile soit très facilement décomposée par les alcalis caustiques, il est difficile de se procurer cet acide en quantité un peu notable. Il faut employer un très fort excès d'alcali, et faire bouillir très long-temps

avant que la plus grande partie de l'acide choléique soit décomposée.

Le procédé le plus commode consiste à faire bouillir dans une capsule parties égales de bile et de potasse dissoute dans 2 parties d'eau, en n'ajoutant d'eau que juste ce qui est nécessaire pour tenir le tout en dissolution. L'opération doit être prolongée pendant plusieurs jours, les grumeaux bruns qui se séparent par l'évaporation du liquide alcalin sont enlevés, égouttés et lavés sur filtre et dissous dans l'eau. L'acide acétique précipite de la dissolution aqueuse des flocons blancs qui se rassemblent à la surface en une croûte solide, spongieuse et très friable, si la décomposition s'est étendue à une grande partie de l'acide choléique, autrement les flocons sont bruns, poissans, et il vaut mieux traiter de nouveau par la potasse.

Le précipité est jeté sur un filtre, lavé, dissous dans l'alcool, et la liqueur abandonnée à l'évaporation spontanée. Peu à peu il se forme dans cette liqueur et à sa surface des cristaux blancs aciculaires. Dès qu'il y en a une certaine quantité, on les sépare par décantation, on les lave par l'alcool froid et on les met à part. La dissolution en donne de nouvelles quantités qu'on sépare au fur et à mesure; mais à la fin elle se sépare en deux couches: l'une, inférieure, est couleur d'acajou épaisse et visqueuse, c'est un mélange d'acide choléique et d'acide cholique; l'autre, claire et transparente, est une dissolution de ces deux acides, mais peu concentrée. On traite de nouveau par la potasse caustique le mélange de ces deux acides.

Les cristaux sont réunis, dissous dans l'alcool bouil-

lant ou seulement tiède. Dans le premier cas il se forme des houppes soyeuses de fines aiguilles transparentes; dans le second l'acide se dépose par l'évaporation à l'air libre en tétraèdres qui sont quelquefois très réguliers. On les purifie par des cristallisations répétées.

Les cristaux ainsi obtenus sont de l'acide cholique très pur; ils sont incolores, transparens et bien formés; les tétraèdres s'altèrent rapidement à l'air, ils deviennent opaques; mais les autres cristaux conservent leur limpidité et leurs caractères. L'acide cholique est très soluble dans l'alcool et l'éther, insoluble dans l'eau. Dissous il rougit le papier de tournesol bleu, décompose à froid les carbonates avec effervescence, et neutralise les bases; sa dissolution éthérée, évaporée rapidement, laisse un dépôt gras au toucher, insoluble dans l'eau, mais soluble dans les alcalis; c'est donc un acide gras faible. Il est fixe et brûle avec une flamme très fuligineuse en laissant un résidu de charbon considérable.

Sa saveur est très amère, mais moins forte que celle de la bile.

Lorsqu'on veut s'assurer de la présence de cet acide, par exemple, après avoir fait bouillir avec de la potasse une substance que l'on croit être de l'acide choléique, on dissout dans l'eau quelques-uns des grumeaux surnageant sur la dissolution alcaline, on verse la dissolution dans un tube de quatre à cinq pouces de long, on précipite l'acide par quelques gouttes d'acide acétique, et on secoue le tout avec de l'éther. La dissolution éthérée se colore plus ou moins suivant la quantité d'acide choléique restée intacte. Au bout de douze à quinze heures elle dé-

pose aux parois du tube de petits cristaux d'acide cholique faciles à reconnaître.

Les sels formés par cet acide sont tout différens par leur aspect et leurs propriétés de ceux des acides choléique et choloïdique. Ils n'ont pas comme ceux-ci une consistance résineuse, ne fondent pas dans l'eau bouillante, et se sèchent facilement. Mais ils sont difficiles à préparer bien neutres. Les cholates de potasse et de soude sont solubles, les cholates de chaux, de baryte, de zinc, de cuivre et d'argent sont insolubles. Tous ces sels ont une grande tendance à se décomposer en sels acides et sels basiques.

Notice sur la Vitesse avec laquelle s'exerce l'Influence magnétique;

PAR M. DE HALDAT, D. M.

Aussitôt que M. Arago eut observé que les garnitures en cuivre des boussoles diminuaient l'amplitude des oscillations de l'aiguille, et que suivant les conséquences de ce fait il eut prouvé que des disques de cuivre soumis à la rotation entraînaient dans leur mouvement des aiguilles placées près de leur surface, plusieurs physiciens, moins réservés que l'ingénieux inventeur, proposèrent des explications conformes à leurs vues; on y appliqua la théorie des courans, etc. Pour moi, j'avouerai que, malgré les modes divers d'influence exercés sur les

aiguilles par les diverses parties du disque, et mon respect pour les savans qui les proposaient, je ne pus trouver dans le fait fondamental qu'un phénomène du magnétisme universel admis par Coulomb et prouvé par un autre mode d'expérience. Il me sembla dès lors, comme il me semble encore maintenant, que le développement du magnétisme dans le disque rotateur par l'influence de l'aiguille, pouvait s'expliquer en admettant une extrême célérité dans le changement que peut éprouver l'état magnétique des corps. La réalité de cette condition de notre théorie a été prouvée par les expériences de M. Faraday, sur le magnétisme par influence, dans lesquelles nous voyons le fer doux prendre et quitter l'état magnétique avec une vitesse qui semble merveilleuse. Quant à la réalité du magnétisme développé à la surface des disques, elle me semble avoir été également prouvée par l'exception remarquable que m'a présentée l'acier dont les disques n'exercent dans leur rotation aucune influence sur l'aiguille; sans doute parce que cette substance, douée de la force coërcitive à un degré trop élevé, résiste à l'influence de l'aiguille qui ne peut lui communiquer le magnétisme nécessaire pour qu'il puisse l'entraîner dans son mouvement, ou parce qu'il ne perd pas assez rapidement le magnétisme acquis pour satisfaire aux conditions du problème.

Depuis que j'ai publié, dans les *Annales de physique et de chimie*, l'exception que je viens de rappeler, j'ai été ramené au même sujet par une expérience qui, tentée dans un autre but, me semble non seulement confirmer mon opinion, mais fournir un moyen nouveau et commode de mesurer la vitesse prodigieuse avec laquelle le

cuivre peut acquérir et perdre l'état magnétique. De même qu'on peut entraîner une aiguille en faisant tourner sous elle un disque de cuivre, de même on peut entraîner un disque du même métal suspendu à un fil de soie, en faisant tourner au dessous un barreau aimanté, un petit faisceau magnétique, comme l'a fait M. Colladon. C'est en répétant et en variant cette expérience que j'ai trouvé le moyen d'estimer la vitesse avec laquelle s'exerce l'influence magnétique; je veux dire la vitesse avec laquelle les corps dans lesquels la force coërcitive est au *minimum*, acquièrent et perdent l'état magnétique. Pour expliquer la rotation des disques sous l'influence des aimans, comme la rotation des aiguilles sous l'influence des disques, que l'on adopte l'hypothèse des courans ou celle du magnétisme transitoire, on est également obligé d'admettre que l'état magnétique des points du disque, qui, dans la rotation, ont été influencés par l'aiguille, ont changé dans l'intervalle du temps qui s'est écoulé entre le passage des pôles hétéronomes. Car le pôle nord, par exemple, succédant au pôle sud avec une grande vitesse, si l'état magnétique avait persisté, comme chaque pôle doit développer dans le disque le fluide du nom contraire à celui qui lui est propre, l'aiguille ne pourrait être entraînée, car ses pôles se trouveraient sous l'influence des fluides du même nom que ceux qui leur sont propres. L'influence des courans serait annulée par la même cause. Si, au contraire, l'on admet que le point du disque influencé par l'un des pôles, ayant acquis le fluide du nom contraire, soit repassé à l'état neutre assez rapidement pour que le pôle opposé puisse y développer aussi le fluide sur lequel le sien

propre peut exercer son influence attractive, on trouve là une cause efficace du mouvement acquis à l'aiguille dans la direction du disque, ou de celui acquis par le disque dans la direction de l'aimant soumis à la rotation. On trouvera, dis-je, cette cause dans les faibles attractions magnétiques, produites aussi rapidement que détruites, dont la répétition, presque infinie, doit enfin produire un effet sensible.

Cette explication rationnelle, conforme aux principes de la théorie des deux fluides, aux lois du mouvement des corps soumis à l'influence d'une force attractive réciproque, nous fournit aussi un argument puissant en faveur de la vitesse énorme avec laquelle l'état magnétique change dans les corps dont la force coërcitive est un *minimum*. Mais quelle est la rapidité avec laquelle s'opère ce changement, et quelle en est la mesure? telle est la question principale que je me suis proposé de résoudre dans cette notice. D'après ce que j'ai établi précédemment, le changement de l'état magnétique des deux corps qui s'influencent ayant nécessairement lieu dans le temps qui s'écoule entre le passage successif des deux pôles en un même point de l'espace; s'il s'agit de la rotation des disques par l'influence des aimans, ou des extrémités opposées d'un même diamètre du disque aux mêmes points de l'espace; s'il s'agit de l'entraînement des aiguilles par la rotation des disques, cette durée est donc la mesure de la vitesse avec laquelle s'exerce l'influence magnétique. Pour la déterminer d'une manière absolue, j'ai divisé le petit faisceau magnétique que j'emploie dans mes expériences en deux groupes composés chacun de deux lames, et les fixant parallèlement

l'un à l'autre sur les cordes d'un disque de bois qui les portait, après avoir porté les pôles homonomes en sens inverse, je les ai fait tourner sous un petit disque de cuivre suspendu horizontalement à un petit lac de soie. Ayant fait coïncider le centre du disque de bois avec celui du disque de cuivre, j'ai fait tourner le premier, et le second a bientôt pris le même mouvement rotatoire, quoique dans ce cas les pôles étant opposés, cela eût été impossible si l'état magnétique n'avait pas changé dans l'intervalle du temps qui s'est écoulé entre le passage des deux pôles au même point de l'espace; car leur influence mutuelle et successive eût produit l'état neutre; ce qui arrive quand la distance qui sépare les deux groupes est infiniment petite, c'est-à-dire quand ils sont en contact immédiat. En rapprochant progressivement les deux faisceaux retournés comme je l'ai dit, j'ai vu leur influence demeurer efficace jusqu'à ce que l'espace qui les séparait ne fût plus que d'un quart de millimètre. Depuis ce résultat, itérativement obtenu, mesurant la longueur des faisceaux magnétiques, qui est de 14 centimètres ou 140 millimètres environ, qui, avec mon instrument, peut facilement donner trois révolutions par seconde, il en résulte que le temps pendant lequel s'effectue l'influence magnétique est égal à moins de la cinq millième partie d'une seconde; et comme deux actes s'opèrent dans cette portion de temps, le passage à l'état magnétique et le retour à l'état neutre, il reste pour la durée de chaque mutation moins d'un dix-millième de seconde. Ainsi ont été déterminées, par des moyens analogues, des vitesses long-temps considérées comme étant incommensurables; celle des élémens d'une veine fluide, par M. Sa-

vart; celle des courans électro-chimiques, par M. Pouillet; celle du mouvement des projectiles de guerre, par le capitaine Morin; et enfin celle de l'étincelle électrique, considérée comme infinie, par M. Veastone.

Depuis que j'ai rédigé cette note, de nouvelles expériences sur le même sujet m'ont semblé confirmer encore l'explication que je donne du fait fondamental du magnétisme par rotation. Les métaux jouissant à divers degrés de la faculté d'amortir les oscillations de l'aiguille et de l'entraîner dans leur mouvement, il y avait lieu de penser que des différences analogues s'observeraient en les employant sous forme de disques minces et les substituant au cuivre sous l'influence de faisceaux magnétiques simples ou divisés en groupes, et opposés par leurs pôles homonomes à des distances variées : c'est aussi ce que l'expérience a confirmé. Ainsi, le fer doux qui acquiert, et avec tant de facilité et de promptitude, l'état magnétique, a présenté à peu près le même phénomène que le cuivre; le zinc, le plomb, l'étain, ont offert des différences remarquables. Mais, quoique la méthode des faisceaux disposés en groupes semble fournir un moyen plus exact que ceux connus pour déterminer comparativement les différences des forces coërcitives de ces corps, elle me semble encore trop incertaine pour pouvoir être employée dans ce but.

Un fait qui résulte aussi de ces expériences exécutées avec des disques de carton couverts de lames métalliques extrêmement minces (or, argent, cuivre, étain, plomb battus), est que la masse ou quantité de molécules métalliques exerce une grande influence sur ces phénomènes. Car il est extrêmement difficile d'entraîner ces dis-

ques couverts de lames minces de ces mêmes métaux, qui, sous une plus grande épaisseur, le sont facilement par des aimans de la même force : ce qui prouve non seulement l'influence de la masse dans les phénomènes magnétiques, mais nous montre aussi avec ceux de l'électricité une différence digne de remarque. Le fluide électrique, se condensant à la surface des conducteurs, peut être reçu et conservé par des lames extrêmement minces, tandis que le fluide, l'agent du magnétisme, exige une certaine épaisseur dans les corps, une certaine quantité de matière pour pouvoir s'y développer.

Nancy, 1er octobre 1837.

De l'Eau dans quelques Réactions chimiques;

Par M. Kuhlmann.

L'influence qu'exerce la présence de l'eau dans quelques réactions chimiques a déjà été l'objet de plusieurs observations importantes. Proust a vu que l'acide nitrique, d'une densité de 1,48, n'attaque pas l'étain, et que, par l'addition d'un peu d'eau, cet acide donne lieu à une action des plus énergiques. Plus récemment, M. Pelouze a constaté entre autres faits, 1° que l'acide acétique, d'une densité de 1,063, ne décompose pas le carbonate de baryte; 2° que les carbonates de potasse, de soude, de plomb, de zinc, de strontiane, de baryte et de magnésie, sont décomposés par l'acide acétique cristallisable; mais que l'énergie d'action est plus grande lorsqu'il y a addition d'eau, et que l'action sur ces car-

bonates est nulle lorsqu'on dissout l'acide dans l'alcool absolu ; enfin, que l'alcool anhydre, l'éther sulfurique, l'éther acétique, masquent complétement les propriétés des acides les plus puissans ; leur dissolution ne rougit pas le papier de tournesol et n'attaque pas un grand nombre de carbonates.

L'explication rationnelle, dit M. Pelouze, d'un fait aussi bizarre (la nullité d'action de l'acide acétique mêlé d'alcool sur le carbonate de potasse) ne me paraît pas chose facile à trouver. On ne peut faire intervenir ici aucun phénomène d'insolubilité comme devant s'opposer à la formation de l'acétate de potasse ; car ce sel est soluble non seulement dans l'alcool, mais encore dans un mélange d'alcool et d'acide acétique.

A ces observations sont venues s'en joindre d'autres, faites par M. Braconnot ; elles concernent plus particulièrement l'acide nitrique. Cet acide, concentré et bouillant, n'exerce absolument aucune action sur des fragmens de marbre blanc, non plus que sur du carbonate de baryte en poudre.

Cette nullité d'action est attribuée, par le chimiste de Nancy, à l'insolubilité des nitrates de chaux et de baryte dans l'acide nitrique concentré, et à l'affinité qui retient l'acide carbonique dans ses combinaisons.

M. Braconnot établit de même, d'une manière qui paraît concluante, que, si, ni l'étain, ni le fer, ni le plomb, ni l'argent, ne sont attaqués par l'acide nitrique concentré, c'est que les nitrates de ces métaux sont insolubles dans cet acide. C'est à la même cause qu'il tend à attribuer tous les résultats obtenus par M. Pelouze.

Voici de nouveaux faits qui, tout en laissant subsister pour de certains cas, dans toute sa valeur, l'explication

que donne M. Braconnot de ces divers phénomènes, prouveront, je pense, que cette explication ne peut pas être généralisée, et que d'autres motifs que ceux indiqués viennent souvent s'opposer à l'action des acides sur les bases ou leurs carbonates.

L'une des réactions chimiques les plus remarquables est celle qui résulte du contact de l'acide sulfurique avec la baryte. On sait que la combinaison s'effectue quelquefois avec un tel développement de chaleur, que la masse de baryte devient incandescente, et qu'une partie de l'acide sulfurique s'échappe en vapeur. J'ai reconnu, à l'occasion de cette combinaison, des particularités qui me paraissent présenter quelque intérêt scientifique.

A. — Un fragment de baryte, mis en contact à froid avec de l'acide sulfurique fumant, de Nordhausen, donna lieu aussitôt à une action très vive. Cette action est plus énergique encore lorsqu'on emploie de l'acide sulfurique anhydre, liquéfié à une température de 25° environ.

B. — Un fragment de baryte, récemment calciné, mis en contact à froid avec de l'acide sulfurique hydraté, ne renfermant qu'un atome d'eau (à 1,848 de densité), n'éprouve aucune altération; il ne se manifeste aucun signe de combinaison. Après quelque temps de contact, l'action a lieu tout-à-coup lorsque le mélange est exposé à l'air humide; elle peut être provoquée aussitôt en touchant par un seul point la baryte humectée d'acide sulfurique avec un fer chaud ou une baguette de verre préalablement trempée dans l'eau.

C. — Un fragment de baryte étant mis en contact à froid avec de l'acide sulfurique hydraté, d'une densité de 1,848, auquel on a d'abord ajouté une très petite

quantité d'eau, l'incandescence se manifeste aussitôt. L'action est également prompte en employant de l'acide plus affaibli, mais l'incandescence n'a plus lieu.

D. — De l'acide sulfurique, d'une densité de 1,848, sans action à froid sur de la baryte récemment calcinée, agit avec énergie sur la baryte qui a absorbé un peu d'humidité à l'air.

E. — De l'acide sulfurique hydraté, convenablement affaibli pour agir immédiatement sur la baryte, n'a plus aucune action à froid lorsqu'il est mélangé avec de l'alcool absolu, de l'éther ou de l'esprit de bois.

De ces différens résultats, l'on doit conclure que, dans l'acide sulfurique hydraté renfermant 1 atome d'eau, l'eau ne peut être que difficilement déplacée de sa combinaison ; elle neutralise en quelque sorte les propriétés de l'acide ; car, même en présence d'une base aussi puissante que la baryte, l'acide n'agit qu'avec le secours d'une température élevée.

Il devient très important de bien constater la densité de l'acide sulfurique lorsque, dans les réactions chimiques, on fait usage de cet acide ; car, dans les expériences indiquées plus haut, on a pu voir que cet acide se combine avec énergie avec la baryte lorsqu'on le met en contact avec cette base à la température ordinaire, à l'état d'acide anhydre, d'acide fumant, ou enfin d'acide d'une densité plus faible que 1,848 ; mais qu'il cesse d'agir lorsqu'il a exactement la densité de 1,848.

Si l'acide anhydre ou l'acide fumant de Saxe ne se combinait pas avec la baryte avec une grande énergie d'action, on serait porté à admettre, pour justifier la nécessité d'affaiblir l'acide à 1,848 de densité, que la formation du sulfate de baryte ne peut avoir lieu dans ces

circonstances que par la formation préalable de l'hydrate de baryte aux dépens d'une partie d'eau faiblement retenue par l'acide sulfurique ; mais en présence des faits signalés, cette opinion ne saurait être admise. Dans l'emploi de l'acide à 1,848 de densité, la chaleur aussi bien que l'addition d'un peu d'eau, provoquent la réaction, et dans ce dernier cas, la présence de l'eau n'intervient sans doute que par le développement de la chaleur nécessaire. Ce développement peut être dû à des causes différentes ; dans l'expérience C, il peut être attribué à la combinaison d'une partie de l'eau de l'acide faible avec la baryte ou la formation de l'hydrate de baryte ; et dans l'expérience D, c'est l'hydrate de baryte tout formé qui, plus favorable à la combinaison, donne lieu aussitôt à la production du sulfate de baryte par son contact avec l'acide sulfurique à 1,848 de densité.

Les explications données par M. Braconnot, de la nullité d'action dans certaines circonstances des acides sur les métaux, les bases ou les carbonates, ne sauraient s'appliquer aux résultats des expériences que je viens de faire connaître ; elles sont également peu satisfaisantes pour expliquer le phénomène observé par Proust, et qui concerne l'action de l'acide nitrique sur l'étain ; action qui donne lieu à la production d'un composé insoluble (l'acide stannique), alors même que l'acide est dans l'état de concentration le plus favorable pour agir avec énergie. Je crois que dans toutes les réactions signalées par MM. Proust, Pelouze et Braconnot, la grande stabilité des combinaisons des acides avec l'eau, lorsque ces combinaisons ont lieu dans les proportions indiquées par le poids de leurs atomes, exerce une grande influence, et que le mélange de l'alcool ou de l'éther avec les acides

mis en usage a pour résultat non seulement de donner un liquide non susceptible de dissoudre le produit qui pourrait naître de la réaction de ces acides sur les bases ou les carbonates, mais encore d'empêcher toute action de se manifester en enlevant aux acides les parties d'eau qui ne sont pas retenues par une combinaison stable. L'expérience E vient à l'appui de cette opinion.

Dans le contact de l'acide nitrique avec les métaux, la présence d'un peu d'eau non combinée intervient sans doute aussi quelquefois pour faciliter la réaction. L'ammoniaque, dont j'ai constaté la formation avec le fer, le zinc, le cadmium, comme avec l'étain, tend à le faire admettre; mais cette influence ne saurait être facilement admise pour le plomb, le cuivre et l'argent.

Dans le cours de ces expériences, j'ai reconnu que l'action de l'acide nitrique sur les métaux était toujours accompagnée de la formation d'une quantité d'ammoniaque plus ou moins considérable, suivant que les métaux ont la propriété de décomposer l'eau plus ou moins facilement.

Les métaux qui ne décomposent pas l'eau ne donnent pas de traces d'ammoniaque.

En opérant avec le potassium et le sodium, je n'ai cependant pas obtenu de nitrate d'ammoniaque; ce que j'attribue à la haute température qui se produit et à laquelle le nitrate d'ammoniaque ne peut pas subsister. Ces expériences, avec les métaux à oxides alcalins, ne sont pas sans danger à cause des explosions violentes qui ont lieu au moment du contact de ces métaux avec l'acide nitrique.

Sur les Borates de Potasse et de Soude, et sur le Tungstate de Tungstène et de Potasse;

PAR M. AUG. LAURENT.

Les sels de soude et de potasse sont tellement semblables que lorsqu'on connaît ceux de la première base on regarde ceux de la seconde comme connus, et réciproquement. Cela explique suffisamment pourquoi les chimistes qui ont bien étudié les borates de soude, n'ont jamais examiné ceux de potasse. Cependant ces derniers ne sont pas sans intérêt, parce que si, dans certains cas, ils ressemblent à ceux de soude, dans d'autres cas ils en diffèrent.

Pour faire les borates de potasse, j'ai commencé par saturer, à l'aide de l'ébullition, du carbonate de potasse par un excès d'acide borique. J'ai fait cristalliser une partie de la dissolution, puis j'ai ajouté au reste peu à peu de la potasse caustique, en faisant cristalliser la dissolution à chaque addition d'alcali. J'ai séparé et examiné successivement les cristaux qui se sont formés.

Sexborate de potasse.

Ce sel, qui se dépose d'une dissolution acide ou neutre au papier de tournesol, cristallise en prismes ou en tables diversement groupées, et appartenant au système prismatique droit à bases rectangulaires. Le prisme sans modifications ne se rencontre jamais. Il est ordinairement modifié sur les angles solides; les bases font place à une pyramide, et on a un dodécaèdre. Souvent aussi il

se présente sous la forme d'un prisme à bases rhombes, très aplati, et dont les bords sont taillés en biseau; ici la base correspond à un des pans verticaux du prisme rectangulaire. Ces formes, au premier aspect, ne sont pas faciles à reconnaître, parce que presque tous les cristaux sont hémitropiques.

Ce sel est inaltérable à l'air, très brillant; il est peu soluble dans l'eau froide, mais assez dans l'eau bouillante; il est neutre au papier de tournesol, ou plutôt il le bleuit légèrement.

Je l'ai analysé par le procédé que j'ai proposé pour les silicates alcalins, en faisant arriver de l'acide hydrofluorique gazeux sur le borate pulvérisé, humecté et placé dans un creuset de platine: le fluorure de potassium a été converti en sulfate neutre par l'acide sulfurique, la calcination et l'addition du carbonate d'ammoniaque. Voici les résultats de cette analyse:

	Trouvé.	Calculé.
Acide borique.......	60,8	60,5
Potasse...........	14,0	13,6
Eau.............	25,2	25,2
	100,0	100,0

Le calcul a été fait sur la formule suivante:

$$6\,B^2O^3 + KO + 10\,H^2O.$$

En prenant le poids d'atome de l'acide borique B^2O^3 récemment donné par M. Berzélius, on voit que ce sel, qui est plutôt alcalin qu'acide, renferme cependant six fois autant d'acide que le sel neutre conventionnel.

Triborate de potasse.

En ajoutant peu à peu de la potasse au sel précédent, la liqueur devient alcaline, et par l'évaporation elle dépose d'abord une croûte cristallisée confusément, qui cependant m'a paru être du sexborate, et les eaux-mères finissent par donner du biborate. Quelquefois il se forme, surtout à la surface de la dissolution, des cristaux très nets, faciles à reconnaître au premier coup d'œil pour des prismes à bases rectangulaires. Le prisme est terminé à chaque base par un coin formé de quatre facettes, dont deux sont beaucoup plus larges que les deux autres, et qui reposent sur les arêtes des bases.

Ils renferment :

	Trouvé.	Calculé.
Acide borique......	46,4	47,0
Potasse..............	21,6	21,0
Eau..............	32,0	32,0
	100,0	100,0

Leur formule est $3B^2O^6 + KO + 8H^2O$.

Ces cristaux sont inaltérables à l'air, et comme les précédens ils fondent facilement, mais en se boursoufflant à peine.

Biborate rhomboïdrique.

Ce sel, dont la composition correspond à celle du borate de soude octaédrique, possède cependant une forme différente et incompatible. Il se présente rarement sous la forme d'un rhomboèdre aigu, d'un rhomboèdre tronqué sur les angles latéraux, et d'un dodécaèdre formé de deux pyramides à six faces opposées base à base;

le plus souvent il cristallise en prismes réguliers à six pans. Les arètes des bases de ce prisme sont souvent remplacées par des facettes ; quelquefois ces cristaux se réunissent parallèlement en formant une espèce de plaque formée d'hexagones, et semblable aux alvéoles des abeilles.

Ce sel, qui est alcalin, est bien soluble dans l'eau froide et dans l'eau bouillante ; en fondant il se boursouffle comme le borax ; il renferme :

	Trouvé.	Calculé.
Acide borique......	43,7	43,2
Potasse...........	28,5	29,5
Eau...............	27,8	27,8
	100,0	100,0

Sa formule est $2B^2O^3 + KO + 5H^2O$.

Sexborate de soude.

Le sexborate de potasse est à peu près neutre au papier de tournesol ; si on y ajoute peu à peu de l'acide sulfurique, l'acide borique devient libre et colore le papier en rouge vineux. Si, lorsque la base forme avec l'acide sulfurique un sel neutre, on ajoute à celui-ci une goutte d'acide sulfurique, la liqueur colore aussitôt le papier de tournesol en rouge vif. J'ai voulu, à l'aide d'une réaction semblable, sans faire cristalliser le sexborate de soude, voir si ce sel existait : pour cela, j'ai pris d'un côté trois équivalens de biborate de soude, et de l'autre trois équivalens d'acide sulfurique, que j'ai fractionnés en trois parties égales. Ayant versé les deux premiers tiers de l'acide dans le borate, la liqueur est devenue

neutre ; elle renfermait alors le sexborate de soude, comme le fait voir l'équation suivante :

$$3(B^4O^6 + NaO) + 2SO^3 = (6B^2O^3 + NaO) + 2(SO^3 + NaO).$$

En versant peu à peu le dernier tiers de l'acide, la liqueur a coloré en rouge vineux le tournesol, et ce n'est que lorsque j'eus mis une goutte d'acide de plus que les trois équivalens, que la liqueur colora en rouge vif le tournesol.

Le sexborate de potasse donne des précipités dans les dissolutions métalliques suivantes :

Barium, Strontium, Calcium : précipité blanc qui disparaît dans un excès d'eau, celle-ci devient légèrement alcaline.

Peroxide de fer, précipité jaune rouille.

Cuivre,	»	bleu clair.
Nickel,	»	verdâtre.
Chrôme,	»	vert.
Plomb,	»	blanc.
Argent,	»	blanc, qui disparaît dans un excès d'eau.

L'oxide d'argent ne se sépare pas de la dissolution.

La magnésie et la manganèse ne donnent pas de précipité.

Tungstate de tungstène et de potasse.

J'ai préparé ce sel par la méthode qui a été indiquée par M. Wohler pour le sel de soude correspondant. Ce tungstate cristallise en petites aiguilles, tandis que celui de soude est en petits cubes.

Je ne fais mention de ce sel qu'à cause de sa couleur qui est de la plus grande beauté ; il est d'un rouge violacé cuivreux, très foncé, et très brillant lorsqu'on le regarde au soleil ; il ressemble entièrement à l'indigo sublimé ; et, ce qui est assez remarquable, lorsqu'on le brunit il devient encore, comme l'indigo, d'un beau bleu avec des reflets cuivreux. J'ai remarqué que le sel de soude correspondant, quelle que soit d'ailleurs sa couleur, devenait également bleu par le frottement.

Observations de M. Gay-Lussac sur un nouveau Procédé de Chauffage importé d'Angleterre.

On a beaucoup parlé de ce procédé comme d'une chose merveilleuse ; avec 50 ou 60 centimes de charbon convenablement préparé, on peut chauffer, dit-on, un immense appartement et y entretenir une température agréable pendant vingt-quatre heures. De plus, l'acide carbonique produit par la combustion n'est pas versé dans l'appartement ; il est retenu par du carbonate de soude dont on imprègne le charbon, et l'asphyxie n'est plus à craindre avec ce nouveau mode de chauffage. Enfin on peut l'adopter avec toute confiance ; il a reçu l'assentiment des savans d'Angleterre, et il a même été présenté à l'Académie des Sciences.

Ce procédé tant vanté m'a paru devoir mériter un examen. Je m'y suis livré, et en en faisant connaître le résultat, il m'a semblé que je servirais les intérêts du public et ceux des importateurs, gens de trop bonne foi

pour ne pas désirer d'être mieux éclairés qu'ils ne l'ont été sur les avantages et les inconvéniens de leur procédé de chauffage. Je dirai plus, je crois accomplir un devoir.

Le combustible employé est un charbon très léger, imprégné, dit-on, de carbonate de soude pour retenir l'acide carbonique produit par sa combustion. J'en possède un échantillon, et j'ai en effet reconnu qu'il contient du carbonate de soude, ou plutôt du carbonate de potasse; mais la quantité en est si minime, que je suis convaincu qu'elle ne s'élève pas à un quart de millième du poids du charbon. Aussi brûle-t-il avec une grande facilité comme tous les charbons de bois très légers.

Il est par conséquent de toute évidence que ce charbon doit répandre en brûlant dans un appartement la même quantité d'acide carbonique qu'un égal poids de tout autre charbon; qu'il vicie l'air de la même manière, et qu'il pourrait produire les mêmes accidens. Il n'est pas moins évident encore qu'il ne doit pas produire plus de chaleur que le charbon ordinaire puisque sous le même poids il ne contient pas plus de matières combustibles.

Mais ayant assisté à une épreuve sur la combustion du nouveau charbon, j'ai reconnu avec d'autres assistans que la combustion n'était accompagnée d'aucune odeur incommode, et j'ai pensé que la petite quantité de sel alcalin que je supposais qu'on y avait ajouté pouvait être la cause de toute absence d'odeur. C'eût été là un perfectionnement réel apporté dans le chauffage domestique, une véritable découverte. Il était aisé de soumettre cette pensée à l'épreuve de l'expérience.

J'ai d'abord constaté que le charbon ordinaire était presque aussi alcalin que le charbon employé dans le

nouveau procédé. Mais pour rendre l'expérience plus concluante, j'ai humecté le charbon avec de l'eau légèrement chargée de carbonate de soude, de telle sorte qu'il paraissait plus alcalin que le charbon anglais; puis il a été desséché sur un poêle. Deux fourneaux alimentés, l'un avec ce charbon préparé, l'autre avec du charbon ordinaire, n'ont pas présenté de différence appréciable quant à l'odeur. Diverses expériences semblables, en variant la proportion du carbonate de soude, ont donné le même résultat.

Convaincu alors que ce sel n'était pour rien dans la combustion du charbon, j'ai pensé que l'absence d'odeur que j'ai cru remarquer dans la combustion du charbon anglais tenait à sa nature propre, car on sait que pour les *braseros* il n'est pas indifférent d'employer toute espèce de charbon. Ayant reconnu que le charbon anglais était très léger et provenait certainement d'un bois blanc, j'ai fait carboniser des morceaux de planches de sapin qui me sont tombées sous la main. Le charbon obtenu était aussi fort léger, et il s'est trouvé très sensiblement plus alcalin que le charbon anglais. Brûlé comparativement avec du charbon ordinaire, il a été moins incommode et m'a paru se comporter comme le charbon anglais, mais sans pouvoir en faire une comparaison exacte faute d'une provision suffisante de ce dernier.

Les importateurs du nouveau procédé de chauffage brûlent le charbon dans un appareil élégant dont il serait inutile de donner ici la description; il suffira de dire que c'est un véritable brasero, versant tous les produits de la combustion dans l'appartement où il est placé. C'est en cela que consiste la grande économie de combustible annoncée. On ne peut la contester, elle est bien

connue; mais qu'on n'oublie pas qu'elle n'est obtenue qu'en viciant l'air de l'appartement et en compromettant peut-être la respiration, surtout chez des personnes inexpérimentées qui s'abandonneraient à une trop aveugle sécurité.

Au reste, nos observations n'ont pas pour but de faire proscrire le nouveau système de chauffage, mais seulement de le faire mieux apprécier qu'il ne l'avait été et de le réduire à sa juste valeur. Elles nous conduisent à penser: 1° que le combustible n'est qu'un charbon de bois léger bien préparé, ne renfermant d'autre sel alcalin que celui qui s'y trouve naturellement; 2° que ce combustible ne donne pas plus de chaleur que toute autre espèce de charbon de bois; 3° que le mode de chauffage employé, qui consiste à verser tous les produits de la combustion dans l'appartement où elle s'opère, présente réellement de l'économie sur les autres procédés; mais que ce n'est qu'en viciant l'air et en compromettant la respiration; 4° qu'un poêle bien construit, alimenté par de l'air pris hors de l'appartement, peut utiliser les neuf-dixièmes environ de toute la chaleur produite par la combustion sans vicier l'air, répandre la moindre odeur ni affecter la respiration, et que l'usage en est plus sûr et presque aussi économique.

Jours.	9 heures du matin.			Midi.												
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Maxim.	Minim.	ÉTAT DU CIEL A MIDI.	VENTS A MIDI.
1	756,27	— 1,5		756,79	— 2,4		756,96	— 2,4		759,05	— 2,5		— 1,5	— 2,6	Neige.	N.
2	762,47	— 2,2		762,77	— 1,6		763,20	— 1,5		764,87	— 1,5		— 0,7	— 3,8	Couvert.	N.
3	766,53	— 4,8		765,75	— 1,2		763,57	+ 0,5		764,70	— 0,8		+ 0,5	— 7,0	Couvert.	N. N. O.
4	762,25	— 7,1		761,81	— 6,2		760,96	— 6,0		761,29	— 6,5		— 5,7	— 7,8	Couvert.	N.
5	762,28	— 6,9		762,27	— 3,8		761,25	— 2,0		760,93	— 4,2		— 2,0	— 8,5	Eclaircies.	N. E.
6	758,80	— 5,2		757,60	— 1,1		756,47	+ 1,5		755,64	0,0		+ 1,6	— 8,2	Serein.	S. E.
7	751,08	+ 1,4		748,81	+ 6,4		746,53	+ 8,1		744,85	+ 6,0		+ 8,6	— 1,4	Très vaporeux.	S. S. E.
8	743,48	+ 7,3		741,51	+ 9,4		739,54	+10,5		739,29	+ 6,8		+10,5	+ 5,0	Eclaircies.	S. S. O. fort.
9	734,52	+ 7,3		733,16	+10,0		731,98	+ 9,9		734,82	+ 7,0		+10,5	+ 4,0	Nuageux.	S. S. O.
10	735,47	+ 4,2		733,10	+ 4,8		729,83	+ 3,8		729,37	+ 4,4		+ 4,8	+ 3,1	Pluie abondante.	S. fort.
11	738,07	— 1,6		740,44	+ 0,4		742,45	+ 0,6		746,78	— 2,6		+ 1,1	— 2,1	Beau.	N.
12	749,19	— 4,2		748,23	+ 0,8		747,23	+ 1,0		746,76	— 3,1		+ 2,7	— 6,2	Beau.	O. N. O.
13	745,94	— 4,5		745,61	— 1,0		743,94	— 0,8		745,69	— 4,4		— 0,4	— 6,2	Serein.	E. N. E.
14	751,17	— 6,2		751,82	— 2,2		751,01	— 0,5		749,03	— 3,3		— 0,3	— 8,7	Serein.	E. S. E.
15	747,00	— 3,7		746,50	— 1,2		746,02	— 1,4		744,53	— 1,0		0,0	— 5,0	Eclaircies.	E. S. E.
16	744,39	+ 2,1		745,19	+ 2,5		745,52	+ 3,0		747,51	+ 1,5		+ 3,1	0,0	Brouillard épais.	S. E.
17	751,31	+ 4,2		752,08	+ 7,8		753,04	+ 8,9		754,20	+ 5,2		+ 9,0	+ 0,4	Nuageux.	O. S. O.
18	760,13	+ 3,8		761,02	+ 6,4		761,52	+ 6,2		762,24	+ 2,4		+ 7,0	+ 1,5	Couvert.	O.
19	761,26	+ 1,1		759,72	+ 3,4		757,32	+ 3,4		755,27	+ 1,5		+ 4,0	— 1,0	Couvert.	E. S. E.
20	752,07	+ 2,4		751,44	+ 5,3		750,71	+ 8,8		750,92	+ 6,2		+ 8,9	+ 0,5	Couvert.	S. S. E.
21	751,71	+ 6,7		752,11	+ 8,6		751,42	+ 9,8		750,52	+ 5,6		+10,5	+ 4,4	Eclaircies.	O. S. O.
22	748,79	+ 5,5		748,26	+ 6,6		746,69	+ 8,6		745,97	+ 3,6		+ 9,0	+ 4,4	Couvert.	S.
23	745,93	+ 2,5		745,15	+ 7,8		742,82	+ 8,5		740,34	+ 5,2		+ 8,5	+ 0,1	Nuageux.	S.
24	729,59	+ 5,8		728,92	+11,0		728,92	+ 9,5		730,70	+ 5,7		+11,0	+ 4,2	Pluie.	S. S. E.
25	731,52	+ 6,4		730,11	+ 9,6		728,88	+10,0		729,21	+ 5,8		+10,8	+ 3,7	Vaporeux.	S.
26	731,44	+ 3,8		731,23	+ 8,6		730,98	+11,0		732,52	+ 6,6		+11,2	+ 1,7	Beau.	S. E.
27	756,27	+ 7,7		757,15	+11,2		756,76	+11,7		758,07	+ 6,8		+11,7	+ 2,1	Très nuageux.	S.
28	740,29	+ 8,5		739,68	+12,0		738,94	+12,0		737,69	+ 8,9		+12,8	+ 5,1	Quelques nuages.	S. O. fort.
1	755,27	— 0,7		752,56	+ 1,4		752,21	+ 2,2		751,38	+ 0,9		+ 2,7	— 2,7	Moyenne du 1er au 10.	Pluie en centimètres
2	749,85	— 0,6		750,00	+ 2,2		749,88	+ 2,9		750,27	+ 0,2		+ 5,5	— 2,7	Moyenne du 11 au 20.	Cour. 4,952
3	739,44	+ 5,9		739,08	+ 9,4		738,28	+10,1		738,15	+ 6,0		+10,7	+ 5,2	Moyenne du 21 au 28.	Terrasse. . . 4,277
	748,10	+ 1,2		747,72	+ 4,0		747,01	+ 4,7		747,20	+ 2,1		+ 5,5	— 1,0	Moyennes du mois	— 2,4

Sur quelques Combinaisons ammoniacales et sur le rôle que joue l'Ammoniaque dans les réactions chimiques ;

PAR M. A. BINEAU.

L'ammoniaque tient en quelque sorte le milieu entre les autres bases minérales et les bases organiques. Les deux branches dans lesquelles on a coutume de partager la chimie doivent être éclairées à la fois par l'examen approfondi des faits qui se rattachent à ce composé remarquable. Ses réactions sur les corps inorganiques sont souvent des plus curieuses qu'offre la chimie minérale. Les circonstances dans lesquelles il se produit, celles où il se décompose, dominent toute l'histoire des substances organiques azotées. Enfin, dans ses combinaisons, nous voyons l'ammoniaque jouer comme des rôles tout-à-fait distincts, suivant qu'elle est en rapport avec des acides ou avec des sels, suivant qu'elle est accompagnée d'eau, ou que l'eau ne participe point à la formation du composé produit. L'ammoniaque se recommande donc par une foule de titres à l'étude des chimistes. C'est ce qui m'a déterminé à examiner quelques unes de ses combinaisons, et à chercher les moyens de lier entre eux les phénomènes dus à sa décomposition ou à sa production. Cette thèse présente les résultats de mes premiers essais dans cette direction.

Iodure d'ammoniaque.

Le composé que forme l'iode en absorbant l'ammoniaque a été découvert et décrit par M. Colin (*Annales de chimie*, t. XCI, p. 262). Depuis lors, il a cessé d'attirer l'attention des chimistes. Cependant, les substances qui se présentent comme résultant de l'union d'un corps simple avec un composé salifiable les ont en général vivement occupés. C'est qu'en effet ces sortes de composés semblent en dehors de la règle commune. Au reste, on s'est efforcé de les faire rentrer dans la classe des combinaisons salines et celle des combinaisons entre corps simples : les hydrates de chlore et de brôme sont presque les seuls entre tous les composés en question qui n'aient point été l'objet de contestations plus ou moins difficiles à terminer. Ainsi, les matières qui primitivement avaient été prises pour des sulfures ou des phosphures d'oxides, ont été, plus tard, unanimement considérées comme des mélanges de sulfates et de sulfures métalliques ou de phosphates et de phosphures. M. Berzélius a donné une explication semblable des corps regardés comme des chlorures d'oxide, et la non-existence de ces chlorures a semblé ressortir clairement des recherches de M. Balard, sur l'acide chloreux, bien qu'actuellement les nouvelles observations de M. Martens soient en opposition avec cette manière de voir. Quant aux produits formés par les carbures d'hydrogène et le chlore, ou ses analogues, les résultats de M. Laurent et de M. Regnault tendent à les présenter comme des composés d'un hydracide et d'une base. Les iodures d'alcalis végétaux seront

peut-être bientôt rangés dans une catégorie semblable : du moins l'impossibilité de faire sortir les alcaloïdes intacts de leurs combinaisons avec l'iode donne quelque vraisemblance à cette opinion. Enfin, M. Berzélius, écartant l'idée d'une simple union entre l'iode et l'ammoniaque dans la substance qui résulte de leur action mutuelle, est porté à l'envisager comme une combinaison d'iodhydrate d'ammoniaque et d'iodure d'azote.

La première condition pour être en mesure d'établir des théories précises sur la nature de ce singulier produit, c'est de pouvoir les baser sur la connaissance de sa composition élémentaire. C'est cette donnée fondamentale que j'ai cherché à obtenir par la synthèse du composé.

A cet effet, je me suis servi d'une espèce de cloche courbe effilée et ouverte à son extrémité. J'introduisais dans sa partie supérieure un poids déterminé d'iode; j'enfonçais dans la cuve à mercure la cloche courbe jusqu'au commencement de la courbure, et je fermais l'extrémité effilée avec le dard du chalumeau. De cette manière, l'iode n'était point mis en contact avec le mercure, et l'air ne remplissait qu'une très petite portion de la capacité de la cloche. Après avoir marqué le volume de cet air, pour le mesurer à la fin de l'expérience, j'ajoutai peu à peu de l'ammoniaque préalablement mesurée, tant que ce gaz était absorbé. Enfin, je marquai également le volume du gaz restant, afin de pouvoir l'évaluer.

I. 1 gr., 59 d'iode ont absorbé 423 c. c. de gaz ammoniac ramenés par le calcul à la température 0° et sous la pression de $0^{m},76$.

II. 0 gr., 51 d'iode ont absorbé 135 c. c. du même gaz.

Ce qui donne en poids :

	I.		II.	
Iode..........	1,59	ou 100,0	0,51	ou 100,0
Ammoniaque...	0,329	20,7 (1)	0,104	20,4

Le composé devrait renfermer 20,5 d'ammoniaque pour 100 d'iode, en admettant pour lui la formule $I^2 Az^6 H^{6}$.

Si l'on admet avec M. H. Rose que l'ammoniaque soit susceptible de fonctionner à la manière de l'eau dans les combinaisons, et que l'on songe à la facilité avec laquelle ce liquide se combine avec le chlore et le brôme, quand la température est suffisamment basse, on pourra ne point trouver invraisemblable que l'ammoniaque s'unisse de même à l'iode. Dans cette hypothèse, le composé dont il s'agit résultera de l'union pure et simple de 2 équivalens d'iode et de 3 équivalens d'ammoniaque, ou, en d'autres termes, de 1 volume de vapeur d'iode et de 3 volumes d'ammoniaque.

(1) Ce résultat diffère peu du suivant. Cependant je dois dire que j'aurais été disposé à y accorder moins de confiance. En effet, pendant la durée de la première expérience, à défaut de baromètre, je me suis servi des indications du Courrier de Lyon, qui donne la pression atmosphérique pour chaque jour, prise à 7 heures du matin, et j'étais obligé de la supposer invariable pendant le cours de la journée : or il pouvait en résulter des erreurs appréciables, quoique cependant toujours assez légères. Dans toutes les autres expériences dont je publie les résultats, j'ai fait usage du baromètre du cabinet de physique du collége royal de Lyon, que M. le professeur de physique de ce collége a bien voulu mettre à ma disposition.

Supposera-t-on, au contraire, dans ce produit l'existence simultanée de l'iodure d'azote et de l'iodhydrate d'ammoniaque, il faudra transformer la formule empirique $I^6 Az^9 H^{27}$, en la suivante : $I^3 H^3, Az^3 H^9 + I^3 Az + Az^5 H^{15}$; ou, si l'on veut, en celle-ci, $I^3 H^3, Az^6 H^{18} + I^3 Az, Az^2 H^6$, qui représenterait un sel bibasique à double acide, l'iodure d'azote étant considéré comme jouant le rôle d'acide.

Action du phosphore sur l'ammoniaque.

Je n'ai point réussi à produire la combinaison de phosphore et d'ammoniaque, dont M. Berzélius fait mention dans son traité (t. II, p. 334). Elle ne s'est formée ni à la lumière diffuse, ni sous l'influence des rayons solaires directs. Exposé au soleil dans le gaz ammoniac, le phosphore s'est en partie sublimé sous forme de petits cristaux réunis en feuilles à nervures rectangulaires, et en même temps il a pris çà et là une couleur foncée, comme s'il avait commencé à se transformer dans la variété qui constitue le phosphore noir. Quant à l'ammoniaque, son volume n'avait point changé.

Sélénhydrate et tellurhydrate d'ammoniaque.

Les acides sélénhydrique et tellurhydrique dont j'ai eu besoin ont été préparés en chauffant dans un petit tube de verre quelques parcelles de sélénium ou de tellure avec un globule de potassium préalablement amalgamé, afin que l'action fût moins vive et que le tube ne fût pas brisé, versant un peu d'eau sur le résidu, faisant passe

le tout dans une petite éprouvette pleine de mercure, et ajoutant ensuite de l'acide tartrique ou de l'acide oxalique. Le gaz dégagé, après avoir été séparé le mieux possible de la couche liquide, était desséché par son contact avec du chlorure de calcium. Il faut se hâter d'employer le gaz obtenu ; car le mercure, ou du moins celui qui n'est pas pur, le décompose peu à peu. Du gaz sélénhydrique abandonné à lui-même une dizaine de jours s'est trouvé entièrement changé en gaz hydrogène, tandis que le mercure placé au dessous avait pris une teinte cuivrée.

Le gaz sélénhydrique ne se comporte pas, vis-à-vis de l'ammoniaque, exactement comme le gaz sulfhydrique : tandis que celui-ci ne peut jamais former qu'un bi-sel, le premier s'unit à l'ammoniaque en deux proportions différentes.

Lorsque l'acide sélénhydrique est en excès, l'ammoniaque en condense un volume égal au sien : c'est, par conséquent, un bi-sélénhydrate qui se produit. Ce sel, qui correspond au seul sel qui puisse résulter de l'union de l'ammoniaque et de l'acide sulfhydrique faite sans l'intermède de l'eau, est blanc et cristallin comme le sulfhydrate d'ammoniaque; il a une tension de vapeur beaucoup moindre que ce dernier : car il augmente à peine le volume des gaz qu'on laisse en contact avec lui. Son odeur tient à la fois de celle de l'ammoniaque et de celle de l'acide sélénhydrique.

Ajoute-t-on au gaz sélénhydrique un excès d'ammoniaque, il en absorbe un volume sensiblement double du sien, pour donner naissance à un sel blanc, semblable au précédent, mais qui doit être un sélénhydrate neutre.

En mêlant volumes égaux des deux gaz, il reste une portion d'acide sélénhydrique qui ne se condense pas. Alors effectivement l'ascension du mercure doit empêcher une partie du sélénhydrate neutre formé au premier moment d'être transformé en bi-sel.

L'air décompose rapidement les sélénhydrates d'ammoniaque, en mettant le sélénium en liberté. Dans les premiers instans, ce sélénium apparaît avec une couleur rouge; mais bientôt après, formant une couche plus épaisse, il rend brun-noir les parois du tube où le sel s'était attaché.

Le tellurhydrate d'ammoniaque, obtenu en présence d'un excès d'acide, est un bi-sel; il se dépose en feuilles cristallines blanches.

Cyanhydrate d'ammoniaque.

Le cyanhydrate d'ammoniaque se prépare très facilement par double décomposition. Un mélange de 1 équivalent de sel ammoniac et de 1 équivalent de cyanure de mercure desséché, entrent facilement en fusion à la flamme de la lampe à esprit-de-vin, et dégagent en abondance du cyanhydrate d'ammoniaque, tandis qu'il reste dans la cornue du bichlorure de mercure. On réussit pareillement, et d'une manière plus économique, en substituant au cyanure de mercure le cyanure jaune de potassium et de fer effleuri.

On sait, par les expériences de M. Gay-Lussac, avec quelle rapidité le cyanhydrate d'ammoniaque se décompose spontanément. Le contact de l'air accélère encore sa destruction. Si l'on introduit une certaine quantité de

ce sel dans une éprouvette qui contienne de l'air, il s'y vaporisera aussitôt, et augmentera dans les premiers momens le volume du gaz. Mais bientôt une réaction s'établira entre l'oxigène et la vapeur : l'on verra diminuer promptement le volume du gaz, et il se déposera une multitude de gouttelettes. Comme on devait s'y attendre, la vapeur du cyanhydrate d'ammoniaque s'enflamme très aisément au contact de l'air : il brûle avec une flamme jaunâtre.

Dans le gaz hydrogène, la vapeur du cyanhydrate d'ammoniaque se décompose moins vite que dans l'air. Cependant, au bout de quelques heures, le vase contenant le mélange se recouvre çà et là de matières charbonneuses, indice de la destruction du sel.

L'instabilité du cyanhydrate d'ammoniaque rend son analyse difficile. J'ai fait de nombreuses tentatives dans le but de déterminer simultanément sa composition et la densité de sa vapeur. Les résultats ont été peu concluans : cependant, je crois devoir les rapporter. La manière d'opérer était fort simple. Sur un volume préalablement mesuré d'un mélange d'hydrogène et de cyanhydrate d'ammoniaque en vapeur, je faisais agir tour à tour la potasse et l'acide oxalique (1), ou bien l'acide oxalique et la potasse, en ayant soin de faire suivre chaque traitement d'un nouveau mesurage. De cette manière, la dif-

(1) C'est après avoir essayé comparativement l'acide oxalique desséché, l'acide tartrique cristallisé et l'acide phosphorique vitreux, que j'ai donné la préférence au premier de ces acides. Il absorbe en effet l'ammoniaque plus rapidement que les deux autres. L'acide phosphorique vitreux est au contraire celui dont l'action est la plus lente.

férence existant entre la première et la dernière des trois mesures me donnait le volume du sel en vapeur, tandis que la différence entre les deux dernières donnait le volume du gaz ammoniac ou celui de la vapeur cyanhydrique.

Les volumes gazeux ont été mesurés à la même température, et je les ai ramenés par le calcul à la pression uniforme de 1 mètre.

	I.	II.
Mélange d'hydrogène et de cyanhydrate.	$12^{cc},63$	10,63
Mélange traité par l'acide oxalique seul..	$9^{cc},20$	»
Mélange traité par la potasse seule.....	»	8,26
Mélange traité par l'acide et par la potasse	$5^{cc},78$	6,23

On en déduit ;

Volume de la vapeur du sel...........	$6^{cc},85$	4,40
Volume de la vapeur cyanhydrique....	$3^{cc},43$	»
Volume du gaz ammoniac............	»	2,03

D'après cela, 100 volumes de cyanhydrate d'ammoniaque en vapeur seraient composés de 49 volumes, 9 de vapeur cyanhydrique, et de 46 volumes, 1 de gaz ammoniac. Ces résultats semblent indiquer que dans le cyanhydrate d'ammoniaque l'acide et la base sont unis en volumes égaux, et sans condensation ni dilatation. De nouvelles expériences, tentées dans l'espoir de mettre en évidence cette conclusion, n'ont point eu le succès que j'avais espéré. Voici les conséquences auxquelles elles conduisent :

Dans 100 vol. de vapeur de cyanhydrate :

	I.	II.	III.	IV.	V.
Vapeur cyanhydrique . .	48,7	»	51,7	»	»
Gaz ammoniac.	»	32,5	»	35,6	43,5

Les données relatives à la quantité d'acide s'accordent suffisamment bien entre elles et avec la théorie. Mais il n'en a plus été de même dans les essais qui ont eu pour objet de fixer la quantité de base. Avant d'être complétement décomposé par la potasse, le sel avait, à ce qu'il paraît, le temps de s'altérer notablement.

Iodocyanate d'ammoniaque.

La correspondance de la composition de l'iodure de cyanogène avec celle de l'acide cyanique, donnait à penser que cet iodure possédait une tendance électro-négative, et la manifesterait vis-à-vis de l'ammoniaque. C'est effectivement ce que l'expérience a confirmé.

Ayant placé de l'iodure de cyanogène dans l'appareil où j'avais fait la synthèse de l'iodure d'ammoniaque, j'y fis passer de l'ammoniaque. Ce gaz fut absorbé peu à peu. L'iodure conserva pendant plusieurs jours son apparence : seulement, quelques cristaux vinrent s'attacher sur le verre au dessus de lui. Plus tard, il se liquéfia lentement, et prit en même temps une teinte jaune-rougeâtre. Comme il était resté un peu d'air dans l'appareil, et que la plupart des composés iodurés se colorent au contact de l'air, je présume que cette nuance jaunâtre était étrangère à l'iodocyanate d'ammoniaque. Au bout d'environ huit jours, l'ammoniaque ne s'absorbait plus sensiblement.

$0^{gr},65$ d'iodure de cyanogène avaient condensé 270 c. c. de ce gaz supposé à 0° et sous la pression de $0^{m},76$: ce qui fixe la composition de l'iodocyanate d'ammoniaque de la manière suivante :

Iodure de cyanogène . .	$I^2 C^4 Az^2$	=	1909,5
Ammoniaque	$3 Az^2 H^6$	=	643,4
			2552,9

Ou bien :

	Calculé.	Trouvé.
Iodure de cyanogène. . .	74,79	75,8
Ammoniaque.	25,21	24,2
	100,00	100,0

L'expérience donne une proportion d'ammoniaque un peu plus faible que le calcul. Il paraîtrait donc que ce gaz, malgré la longue durée de son contact avec l'iodure, n'avait point été aussi complétement absorbé qu'il aurait dû l'être.

L'iodure de cyanogène saturé d'ammoniaque exhale une vive odeur ammoniacale. C'est qu'en effet il abandonne rapidement dans l'air une portion de l'ammoniaque qu'il avait absorbée. En même temps, il perd sa liquidité et se change en feuilles cristallines. Chauffé au bain-marie, il entre en ébullition dès que le bain est à environ 50° ; et après avoir dégagé beaucoup d'ammoniaque, il se concrète. $0^{gr},60$ d'iodocyanate liquide, soumis à ce traitement, ont laissé 0,505 de résidu. Le composé avait donc perdu 16 pour 100 d'ammoniaque, c'est-à-dire les 2/3 de celle qu'il contenait. Le résidu se trouve donc représenté par la formule $I^2 . C^4 Az^2, Az^2 H^6$. En admettant que l'équivalent de l'iodure de cyanogène cor-

responde à ceux des acides cyanique et cyanhydrique, ce résidu sera l'iodocyanate d'ammoniaque neutre.

Chauffe-t-on à la lampe à esprit-de-vin ce dernier composé, il se fond, puis entre en ébullition, dégage de l'ammoniaque, de l'eau et de l'iode libre, parce que l'air intervient par son oxigène, donne un sublimé blanc qui possède les caractères de l'iodhydrate d'ammoniaque, et laisse un résidu jaune que n'altère point la chaleur de la flamme des petites lampes à alcool ordinaires. Placé entre des charbons ardens, ce résidu disparaît, et se transforme en gaz que la potasse absorbe partiellement en se colorant en brun et acquérant la propriété de former un bleu verdâtre par l'addition successive du sulfate de fer et de l'acide chlorhydrique. A ces signes, on doit reconnaître le mellon.

Chlorocyanate d'ammoniaque.

Le chlorure gazeux de cyanogène et le gaz ammoniac, mêlés ensemble, se combinent quelques instans après la réunion, avec un faible dégagement de chaleur : le composé se dépose en grains blancs cristallins. Les expériences que je vais rapporter prouvent que la combinaison s'effectue toujours entre un volume de chlorure et un volume à très peu près double d'ammoniaque. Une certaine quantité d'air s'était introduite dans le chlorure de cyanogène. En traitant le gaz par la potasse, j'ai reconnu que cet air en formait la dixième partie.

		Gaz entrés en combinaison.	
I. Chlorure employé . . .	20,5	Chlorure. . .	20,5-3,5 = 17,0
Ammoniaque	36,0	Ammoniaque	36,0
Gaz resté, ayant l'odeur du chlorure de cyanogène	3,5		
II. Chlorure	24,0	Chlorure pur	24.0,9 = 21,6
Ammoniaque.	50,0	Ammoniaque	50-(8-24.0,1) = 44,4
Gaz resté, ayant l'odeur de l'ammoniaque . .	8,0		
III. Chlorure	34,0	Chlorure. . .	34 — 16,5 = 17,5
Ammoniaque.	36,0	Ammoniaque	36,0
Gaz resté	16,5		
IV. Aux produits précédens ont été ajoutés :			
Nouvelle ammoniaque .	32,0	Chlorure. . .	34.0,9 = 30,6
Gaz resté	7,0	Ammoniaque	= 36 + 32-(7-3,4) = 64,4

Ainsi le volume de l'ammoniaque s'est constamment trouvé un peu plus que double du volume du chlorure de cyanogène. Je ne sais si cette différence doit être attribuée à quelque matière étrangère mêlée au chlorure et absorbant plus d'ammoniaque que lui, ou bien si le chlorure de cyanogène se trouve, comme l'acide sulfureux, plus contracté que les autres gaz aux températures peu élevées.

Quoi qu'il en soit, la formule du chlorocyanate d'ammoniaque ne saurait être autre que celle-ci : $Ch^2 . C^4 Az^2, 2Az^2 H^6$; ce qui donne pour la composition en poids :

Chlorure de cyanogène . . .	772,6 ou bien	64,30
Ammoniaque	428,9	35,70
	1201,4	100,00

Le chlorocyanate d'ammoniaque n'a point d'odeur. Il

ne paraît point s'altérer à l'air. Il donne à l'eau dans laquelle il se dissout la propriété de précipiter l'azotate d'argent, et forme peut-être, par sa réaction sur ce liquide, du cyanate et du chlorhydrate d'ammoniaque : il renferme en effet précisément la quantité d'ammoniaque nécessaire pour produire ces deux sels à l'état neutre. Soumis à l'action de la chaleur, il se fond, dégage de l'ammoniaque, avec une espèce de petite décrépitation, donne un sublimé de chlorhydrate d'ammoniaque, et laisse un résidu jaune-pâle, qui devient à chaud jaune-serin foncé et pâlit en se refroidissant. C'est sans doute à cause de son état de division que ce résidu s'est trouvé d'une couleur bien moins foncée que celui de l'hydrocyanate. Il supportait, comme ce dernier, sans se détruire, une chaleur rouge bien décidée; mais un plus haut degré de feu l'a transformé en produits gazeux qui, s'étant fait jour au travers du verre ramolli, ont donné lieu à une flamme purpurine. Ce devait donc être encore du mellon. Rien de plus simple d'ailleurs que d'expliquer sa formation. Les formules suivantes représentent la réaction qui se passe :

$$Ch^6 . C^{12} Az^6, Az^{12} H^{36} = C^{12} Az^6 . Az^2 + Ch^6 H^6, Az^6 H^{18} + Az^4 H^{12}.$$

Il y a simplement échange de place entre le chlore du chlorure de cyanogène et l'azote des 2/3 de l'ammoniaque; de là, de l'acide chlorhydrique et du cyanure d'azote ou du mellon (1). La production du mellon pendant

(1) $C^{12} Az^6, Az^4$ me paraît être la formule rationnelle du mellon. Les réactions qui lui donnent naissance, les produits de sa destruc-

la calcination de l'iodocyanate d'ammoniaque se conçoit de la même manière.

A en juger par analogie, d'après les acides cyanique et cyanhydrique, $Ch^2 . C^4 Az^2$ doit représenter l'équivalent de chlorure de cyanogène. Cependant, il semblerait être fixé à une valeur moitié moindre par la composition du chlorocyanate d'ammoniac, et il paraît que l'analyse de l'éther chlorocyanique par M. Aimé conduit au même résultat.

Bromocyanate d'ammoniaque.

La combinaison du bromure de cyanogène avec l'ammoniaque s'effectue très rapidement, surtout dans les premiers momens. Ayant fait passer un excès de gaz ammoniac sur du bromure de cyanogène dont la quantité avait été évaluée par la mesure du volume de sa vapeur, il y eut en quelques heures une absorption suffisante pour que le composé produit dût correspondre par sa composition à l'iodocyanate d'ammoniaque saturé de ce gaz.

Action de la chaleur sur quelques sels ammoniacaux formés par des oxacides.

Dans son travail sur l'iodure d'ammoniaque, M. Colin a remarqué que le carbonate d'ammoniaque donnait avec l'iode le même produit que l'ammoniaque libre.

---

tion par la chaleur, et sa composition tendent à la fois à faire considérer le mellon comme un cyanure d'azote correspondant au chlorure et à l'iodure, dont les formules sont isomorphes avec la sienne.

En soumettant à une douce chaleur un mélange de carbonate d'ammoniaque ordinaire et d'iode, j'ai vu effectivement celui-ci subir les mêmes changemens que dans une atmosphère d'ammoniaque, pendant que des gouttelettes d'eau se condensaient dans les parties les plus froides de l'appareil, et qu'il se dégageait une grande quantité de gaz carbonique. Voilà donc que l'iode semble se montrer comme un acide plus puissant que l'acide carbonique : car cet acide lui cède sa place auprès de l'ammoniaque. Mais ayant chauffé du carbonate d'ammoniaque seul dans un petit matras muni d'un tube à gaz, j'obtins un dégagement de gaz carbonique tout aussi abondant que dans l'expérience précédente. Ce n'était, du reste, qu'une conséquence des faits observés par M. Pelouze, et que j'ai trouvé relatés dans le cinquième volume du traité de M. Dumas. La décomposition du carbonate d'ammoniaque a lieu bien au dessous de 100°. Ainsi, c'est elle, sans aucun doute, qui occasionne cette vive effervescence que l'on remarque quand on essaie de dissoudre le carbonate d'ammoniaque dans l'eau bouillante.

Le carbonate d'ammoniaque anhydre éprouve par la chaleur une décomposition semblable. Si, en effet, après avoir combiné de l'acide carbonique sec avec deux fois son volume d'ammoniaque dans un tube gradué, on chauffe le sel formé, comme pour prendre la densité de sa vapeur par le procédé de M. Gay-Lussac, on le verra bien avant 100° donner lieu à un volume gazeux égal à la somme des gaz employés, toutes corrections faites pour les changemens de pression et de température. Qu'on laisse ensuite le produit gazeux se refroidir, il ne

se condensera qu'à une température beaucoup plus basse que celle à laquelle il s'était formé. L'acide carbonique ne donne donc pas avec l'ammoniaque anhydre un composé plus stable qu'avec l'ammoniaque hydraté, et la destruction de l'un et l'autre sels par l'élévation de température se reconnaît au même signe.

Le sulfite neutre anhydre d'ammoniaque et le bi-sulfite, chauffés sur le mercure à 134°, n'ont donné lieu à aucun produit gazeux, mais ils se sont altérés en noircissant le mercure.

L'acétate d'ammoniaque est probablement décomposé par la chaleur de la même manière que le carbonate : car quand on cherche à le produire par double décomposition, une énorme quantité d'ammoniaque se trouve d'abord mise en liberté, et à la fin de l'opération, c'est de l'acide acétique presque complétement exempt d'ammoniaque qui se distille.

La distillation du benzoate et du succinate d'ammoniaque offre des phénomènes analogues, et produit dans les premiers momens un dégagement abondant d'ammoniaque accompagnée de vapeur d'eau. Le benzoate d'ammoniaque donne ensuite un sublimé d'acide benzoïque : celui-ci s'unit inévitablement à une portion de l'ammoniaque répandue dans l'air de l'appareil ; mais il suffit de le soumettre à quelques lavages pour faire disparaître tout sel ammoniacal. Quant au succinate, chauffé à plusieurs reprises, il laisse un résidu très acide, où la potasse ne développe de l'ammoniaque qu'à l'aide de la chaleur, et qui paraît être un mélange d'acide succinique et de succinamide.

Du rôle de l'ammoniaque dans les réactions où elle se décompose.

M. Dumas est le premier qui ait pensé à comparer l'action de l'ammoniaque sur les composés oxigénés avec celle des hydracides sur les oxides métalliques. En cherchant à appliquer et à étendre cette comparaison, j'ai cru reconnaître trois manières distinctes et bien nettes suivant lesquelles l'ammoniaque peut remplir un rôle désoxigénant analogue à celui des acides hydrogénés. Au surplus, la théorie que j'ai à exposer n'est en quelque sorte qu'un ensemble d'idées dont chacune est admise séparément; je n'ai donc pour ainsi dire qu'à faire voir comment elles se lient entre elles et comment elles se rattachent aux lois des substitutions par équivalens.

L'une des plus grandes difficultés qui se présentent, celle qui s'offre en premier lieu, c'est la fixation de l'équivalent de l'azote. On a coutume de prendre pour son expression le nombre 177,03, valeur de Az^2. Or le nombre 177,03 ne me paraît point être le véritable équivalent de l'azote, en donnant à ce mot la signification qui s'accorde le mieux avec l'étymologie, et comprenant par là la quantité d'azote qui équivaut véritablement au poids d'oxigène pris pour terme de comparaison, c'est-à-dire la quantité d'azote qui doit se substituer à 100 parties d'oxigène, pour qu'à la place d'un composé oxigéné apparaisse un composé azoté correspondant.

La chimie minérale n'offre qu'un nombre très restreint de combinaisons d'azote réellement comparables aux combinaisons d'oxigène. Je ne vois guère que l'am-

moniaque et les azotures métalliques qui se prêtent à ce genre de comparaison. Au surplus, c'est aussi dans leurs combinaisons avec l'hydrogène et les métaux, que l'on reconnaît avec le plus de facilité et de certitude les équivalens du chlore, du soufre et de leurs analogues. Examinons donc sous le même point de vue les azotures de l'hydrogène et des métaux.

On pourrait dire à la rigueur que l'ammoniaque n'a point de correspondant dans la série des oxides d'hydrogène. Cependant, pourquoi ne la comparerait-on pas à l'eau, qu'elle semble pouvoir remplacer dans ses combinaisons avec les sels (M. H. Rose)? Préférerait-on mettre en parallèle avec l'eau l'un des deux azotures d'hydrogène qui ont été supposés exister dans les amides? Ces composés, qui ne jouent que le rôle de corps simples, qui ne peuvent exister isolés, s'éloignent encore bien plus de l'eau que l'ammoniaque. Or, si l'ammoniaque est l'azoture d'hydrogène qui correspond à l'eau, 177,03 d'azote équivalent à 300 d'oxigène, et l'azote n'a pour équivalent que le tiers de ce nombre, c'est-à-dire 59,01.

L'examen des azotures métalliques conduit bien plus clairement encore à la même conséquence. Parmi ces composés, on n'en connaît que deux qui soient bien définis : les azotures de potassium et de sodium. Ces deux métaux ne s'unissent à l'azote qu'en une proportion. Eh bien! que l'on compare les composés qui en résultent avec la potasse ou la soude, avec le chlorure de potassium ou de sodium, avec leurs fluorures, leurs sulfures, etc. A la place de l'équivalent d'oxigène ou de chlore, etc., que trouve-t-on? 59,01 d'azote.

A la vérité, en se conformant à la définition ordinaire

d'après laquelle le premier degré d'oxigénation d'un corps simple détermine son équivalent, on a pour celui de l'azote le nombre 177,03. Mais cette définition, quelque commode et quelque utile qu'elle puisse être, n'est point, il faut en convenir, fondée sur la nature même des choses : elle n'offre qu'un moyen artificiel de rendre moins arbitraire la fixation des équivalens : elle n'est même pas générale, puisqu'on a jugé à propos de la modifier pour un certain nombre de corps simples, pour lesquels l'équivalent a été déduit de la capacité de saturation de leurs oxacides. Cette seconde règle, du reste, n'est pas plus que la première à l'abri d'objections fondées. D'abord, elle est entachée de toutes les difficultés que soulève quelquefois la détermination de la capacité de saturation des acides : on ne sait comment en faire usage pour obtenir l'équivalent du silicium ; on hésite avec elle à fixer celui du bore ; on devra même être embarrassé pour arrêter celui du phosphore ; car des trois variétés de phosphates, quelle est celle que l'on prendra pour point de départ ? Enfin, quand il s'agit d'appliquer cette règle à la détermination de l'équivalent du soufre, elle conduit à une conséquence toute différente, suivant qu'on se base sur la capacité de saturation des sulfates ou sur celle des hyposulfates.

On ne saurait donc s'étonner qu'il y ait quelquefois une distinction à faire entre les diverses sortes d'équivalens, entre les équivalens compris dans le sens de la définition commune, et les équivalens qui s'équivalent, les équivalens qui équivalent véritablement à la quantité d'oxigène prise pour terme de comparaison. Pour l'azote, l'équivalent de première sorte sera 177,03, et l'équivalent

de deuxième sorte, le nombre 59,01. C'est ce dernier qui devra, quand l'azote se substituera à un autre corps, remplacer l'équivalent de celui-ci. J'en citerai tout à l'heure différens exemples pris dans la chimie organique, et je pourrais même en trouver un certain nombre d'autres dans les réactions des substances minérales.

Mais lorsque l'ammoniaque réagit par son hydrogène comme désoxigénant, ce n'est pas toujours de l'azote seul qui se substitue à l'oxigène enlevé (et ce que je dis ici pour l'oxigène, il faut l'appliquer au chlore, à l'iode, etc.). Quelquefois, ainsi que M. Dumas l'a signalé le premier, c'est l'azoture $Az^2 H^2$, qui, jouant le rôle de corps simple, reste avec le corps que l'hydrogène a désoxigéné en tout ou en partie. D'autres fois, ce sera l'azoture Az H.

Dans l'un ou l'autre cas, il faut bien se garder de compter séparément les équivalens de l'azote et de l'hydrogène, et de considérer leur somme comme donnant le nombre des équivalens de l'azoture d'hydrogène. C'est comme si, de 330 p. de cyanogène (en symboles atomiques, $C^4 Az^2$), on faisait 5 équivalens. Dans cette quantité de cyanogène, il y a bien, il est vrai, deux équivalens de carbone et trois équivalens d'azote; ce qui fait cinq en total. Mais ces cinq équivalens, réunis sous forme de cyanogène, n'en forment plus qu'un. Eh bien! de même aussi on devra voir un équivalent unique dans la quantité d'azoture d'hydrogène représentée par $Az^2 H^4$, et dans celle de l'autre azoture, qui est représentée par Az H. En conséquence, toutes les fois que l'oxigène sera enlevé dans un composé et qu'il sera remplacé par un de ces azotures, à chaque atome d'oxigène se substi-

tuera $Az^2 H^4$ ou $Az H$. La substitution inverse pourra pareillement avoir lieu.

Quelques exemples éclairciront et motiveront ce que je viens d'avancer.

Exemples de substitutions faites par l'azote seul.

I. Cyanogène.	$C^4 Az^2$
Acide oxalique	$C^4 O^3$
Acide cyanhydrique.	$C^4 Az^2 H^2$
Acide formique.	$C^4 O^3 H^2$
Acide cyanique	$C^4 Az^2 O$
Acide carbonique.	$2 C^2 O^2$ ou $C^4 O^3 O$
Essence d'amandes amères. .	$C^{28} H^{12} O^2$
Hydrobenzamide.	$C^{28} H^{12} Az^{4/3}$
Chlorure de cyanogène. . .	$3 Ch^2 Cy^2$ ou $Ch^6 C^{12} Az^6$
Iodure de cyanogène. . . .	$3 I^9 Cy^2$ ou $I^6 C^{12} Az^6$
Mellon	$C^{12} Az^8$ ou $Az^2 C^{12} Az^6$
Mélam	$C^{12} Az^{11} H^9$ ou $C^{12} Az^9 H^9 Az^2$
Ammélide.	$C^{12} Az^9 H^9 O^3$

On sait, par les expériences de M. Dœbereiner, d'une part, et par celles de MM. Wœhler et Liebig, d'autre part, que la réaction de l'ammoniaque sur l'acide oxalique, en présence de l'acide sulfurique, donne naissance à du cyanogène, et qu'à son tour le cyanogène, en agissant sur l'ammoniaque liquide, produit de l'oxalate d'ammoniaque. Pour passer du cyanogène à l'acide oxalique, il ne faut en effet qu'une substitution entre Az^2 et O^3, qui représentent l'un et l'autre trois équivalens.

La transformation de l'acide cyanhydrique en acide formique par le concours de l'eau, sous l'influence des acides, et la transformation inverse observée par M. Pe-

louze dans le formiate d'ammoniaque, s'expliquent par une substitution semblable.

La même chose a lieu dans la décomposition de l'acide cyanique par les acides puissans; seulement, il y a ici scission dans la molécule : deux équivalens d'acide carbonique surgissent d'un seul équivalent d'acide cyanique.

La réaction de l'ammoniaque sur l'essence d'amandes amères, donne, d'après M. Laurent, un composé où $Az^{4/3}$ remplacent 2 atomes d'oxigène de l'essence. C'est qu'en effet 4/3 du poids atomique admis pour l'azote correspondent à deux équivalens, et doivent se substituer à deux équivalens d'oxigène.

Le passage du chlorure ou de l'iodure de cyanogène en mellon par l'action de l'ammoniaque, à l'aide de la chaleur, provient simplement du remplacement de trois équivalens de chlore ou d'iode (Ch^6 ou I^6) par trois équivalens d'azote (Az^2); de plus, si l'on envisage les sulfocyanures métalliques comme des sulfosels, qu'on les assimile aux sulfocarbonates, par exemple, et qu'on les considère comme des sulfures doubles de cyanogène et de métaux (1), les diverses réactions que M. Liebig a ajoutées à l'histoire de ces composés s'expliqueront encore par des remplacemens d'équivalens. Car dès lors le

---

(1) Les principales objections que soulève cette manière de voir sont fournies par l'existence d'un acide sulfocyanhydrique et la nécessité de considérer le sulfure de cyanogène isolé comme un bisulfure jouant le rôle de *corps singulier*. Mais invente-t-on un *sulfocarbone* pour en faire le radical du produit que M. Berzélius appelle *sulfite carbohydrique?* et d'autre part ne connaît-on pas un certain nombre de polysulfures qui refusent de faire office d'acide ou de base?

monosulfure de cyanogène rentre dans la même série que les autres composés de cyanogène.

Le mélam et l'ammélide, comme plusieurs composés déjà cités, ne diffèrent l'un de l'autre que par le changement de Az^2 en O^2. D'ailleurs, on va voir que le mélam et tous ses dérivés font partie de la même série.

Exemples de substitutions faites par l'azoture d'hydrogène Az H.

Mellon ou cyanure d'azote		$C^{12}\ Az^{5}\ Az^{2}$
Mélam	$C^{2}\ Az^{11}\ H^{9}$	ou $C^{12}\ (Az\ H)^{9}\ Az^{2}$
Mélamine.	$C^{12}\ Az^{12}\ H^{12}$	ou $C^{12}\ (Az\ H)^{9}\ (Az\ H)^{3}$
Ammèline.	$C^{12}\ Az^{10}\ H^{10}\ O^{2}$	ou $C^{12}\ (Az\ H)^{9}\ (Az\ H)\ O$
Ammélide.	$C^{12}\ Az^{9}\ H^{9}\ O^{3}$	ou $C^{12}\ (Az\ H)^{9}\ O^{3}$
Acide cyanilique. . . .	$C^{12}\ Az^{6}\ H^{6}\ O^{6}$	ou $C^{12}\ (Az\ H)^{6}\ O^{3}\ O^{3}$
Acide cyanurique. . . .	$C^{6}\ Az^{3}\ H^{3}\ O^{3}$	ou $C^{6}\ (Az\ H)^{3}\ O^{1\ 1/2}\ O^{1\ 1/2}$
Acide cyanique	$1\ 1/2\ C^{4}\ Az^{2}\ O$	ou $C^{6}\ Az^{2}\ Az,\ O^{1\ 1/2}$
Acide succinique. . . .		$C^{8}\ H^{4}\ O^{3}$
Succinamide		$C^{8}\ H^{4}\ O^{2}\ Az\ H$
Benzimide.		$C^{28}\ H^{16}\ O^{2}\ Az\ H$
Acide benzoïque. . . .		$C^{28}\ H^{10}\ O^{3}$
Acide napthalique . . .		$C^{20}\ H^{4}\ O^{4}$
Naphtalimide.		$C^{30}\ H^{4}\ O^{3}\ Az\ H$
Amygdaline	$C^{80}\ H^{54}\ Az^{2}\ O^{22}$	ou $C^{80}\ H^{52}\ O^{22}\ (Az\ H)^{2}$
Acide amygdalique. . .	$C^{80}\ H^{52}\ O^{24}$	ou $C^{80}\ H^{52}\ O^{22}\ O^{2}$

La série des dérivés du mellon est bien remarquable. Tous les corps qu'elle comprend peuvent être regardés comme des résultats de transformations successives. Le mélam prend en quelque sorte naissance par l'action de l'ammoniaque sur le mellon naissant ; avec le concours de l'eau, sous l'influence de la potasse, il donne de la mélamine en même temps que de l'ammélíne. Celle-ci

se produit d'ailleurs avec la mélamine traitée convenablement par les acides. Des acides plus concentrés font naître l'ammélide, et enfin cette dernière donnera de l'acide cyanilique par l'ébullition avec l'acide azotique. Or, on voit que les équivalens de ces divers produits sont tous représentés par des formules de même ordre, où à l'azote se substituent progressivement d'abord l'azoture d'hydrogène, puis l'oxigène.

Lors de la conversion de l'acide cyanilique en acide cyanurique, le groupe moléculaire qui représente l'équivalent du composé se coupe en deux. Dans la métamorphose de l'acide cyanurique en acide cyanique, deux équivalens se subdivisent de manière à en former trois.

Exemples de substitutions faites par l'azoture d'hydrogène $Az^2 H^4$.

Acide oxalique	$C^4 O^3$	ou $C^4 O^2 O$
Oxamide		$C^4 O^2 (Az^2 H^4)$
Chlorure de benzoïle . . .		$C^{28} H^{10} O^2 Ch^2$
Benzamine.	$C^{28} H^{14} Az^2 O^2$	ou $C^{28} H^{10} O^2 (Az^2 H^4)$
Acide benzoïque. . . .	$C^{28} H^{10} O^3$	ou $C^{28} H^{10} O^2 O$
Acide cyanique		$C^4 Az^2 O$
Urée	$C^4 Az^4 H^8 O^2$	ou $C^4 (Az H^4) O^2 O$
Acide carbonique. . . .	$2 C^2 O^2$	ou $C^4 O O^2 O$

En résumé, voici ce qui semble résulter de ces considérations :

Quand l'ammoniaque et une matière organique se décomposent réciproquement, la matière organique cède à l'hydrogène de l'ammoniaque un de ses élémens, qui est ordinairement l'oxigène, et elle reçoit à sa place une quantité équivalente soit d'azote seul, soit d'un assem-

blage d'azote et d'hydrogène qui fait office de corps simple : la valeur numérique de Az 2/3 exprime l'équivalent de l'azote ; Az H et $Az^2 H^4$ représentent les équivalens des azotures d'hydrogène.

D'autres fois, il arrive, au contraire, que des matières organiques se décomposent en formant de l'ammoniaque. Alors, comme précédemment, les transformations qu'elles subissent sont des résultats de substitutions par équivalens; mais ces substitutions se font d'une manière inverse.

Les conséquences qui découlent de ces principes ne sont point en opposition avec le fond du système de M. Laurent. Elles n'attaquent en aucune sorte ses remarques sur la simplicité du rapport existant entre les équivalens élémentaires des *radicaux fondamentaux*. Il y a seulement à observer que :

1° L'équivalent de l'azote doit être modifié et réduit au tiers de la valeur qu'on lui donnait ;

2° Il faut avoir bien soin, quand on cherche à se rendre compte des réactions dues à des substitutions, de ne point compter isolément les équivalens des corps simples qui se trouvent réunis sous une forme où l'ensemble joue le rôle d'un corps élémentaire. C'est ainsi que les quantités représentées par $C^4 Az^2$, $C^{28} H^{10} O^2$, Az H, $Az^2 H^4$, peuvent, dans certains cas, n'exprimer chacune qu'un seul équivalent ;

3° Les azotures d'hydrogène hypothétiques Az H, $Az^2 H^4$ ne doivent point être placées, comme l'a fait M. Laurent, parmi les acides et les bases, mais tantôt dans la catégorie de ce qu'il intitule *acidifiant*, et tantôt dans le radical lui-même ;

4° L'amméline et l'ammélide semblent prouver que la présence de l'oxigène hors du radical ne donne pas nécessairement au produit les caractères d'un acide. Car l'un de ces composés est une base, l'autre un corps indifférent; et cependant il paraît bien plus rationnel de supposer leur oxigène au dehors du radical que de se refuser à admettre le même *radical dérivé* dans le mélam, la mélamine, l'amméline et l'ammélide. Pourquoi, d'ailleurs, M. Laurent voudrait-il absolument que les radicaux organiques qui jouent le rôle de corps simples ne formassent que des acides, en s'unissant à l'oxigène, tandis qu'en chimie minérale il existe tant d'oxides basiques et indifférens?

5° Enfin, il ne faut point regarder le groupe moléculaire qui représente l'équivalent d'un radical, comme uniquement susceptible de se conserver ou de se diviser, quand de nouveaux élémens viennent s'y ajouter. Le chlorure de cyanogène solide, par exemple, montre que ces groupes moléculaires peuvent quelquefois s'aggréger entre eux, au lieu de se subdiviser.

Examen chimique et minéralogique de quelques Cendres Volcaniques;

PAR M. DUFRÉNOY,
Ingénieur en chef des Mines.

Les laves présentent des caractères extérieurs souvent tellement analogues, qu'il est difficile de les distinguer.

Elles sont toutes grises, bulleuses et formées par la réunion de petits cristaux imparfaits, qui appartiennent principalement à l'ordre des feld-spaths. Cependant, quand on examine les laves avec attention, on reconnaît qu'elles sont fréquemment composées d'élémens différens; de sorte que leur nature est en réalité assez variable. Cette différence est telle, qu'il serait possible que chaque volcan produisît une lave particulière.

La cristallisation confuse des laves, et la difficulté de reconnaître leurs élémens lors même qu'un refroidissement lent a permis à ces roches de prendre une texture cristalline, sont autant d'obstacles qui ont empêché jusqu'à présent d'en déterminer la nature d'une manière précise.

Ces laves, quoique présentant une apparence si variable, suivant la texture qu'elles affectent, ont cependant une assez grande homogénéité; et si l'on compare sous le microscope des poussières d'une lave prises en différentes parties d'une coulée, on est surpris de l'identité qu'elle présente dans toute sa longueur. Cette identité ne se reproduit, il est vrai, pas aussi complétement pour des coulées différentes d'un même volcan; il résulte de cette disposition que l'analyse chimique des laves, sans faire connaître d'une manière exacte leur composition, offre toujours beaucoup d'intérêt, et qu'elle fournit des indications précieuses qui permettent, dans beaucoup de cas, de distinguer les produits de volcans différens. Pour arriver à des résultats probables, il faut faire des analyses nombreuses et sur des laves prises en différens points; car c'est la composition générale qu'il faut étudier, et on ne doit pas rechercher dans l'analyse des roches des résul-

tats atomiques comme dans celles des minéraux purs.

Parmi les produits des volcans, les sables fins qu'ils rejettent, et que l'on désigne généralement sous le nom de *cendres*, sont les plus intéressans à examiner; l'isolement de chacune de leurs parties permet de faire subir à ces sables des opérations successives qui offrent l'avantage de fractionner les analyses; et si on les soumet alternativement aux réactions chimiques et à l'examen microscopique, on parvient souvent à séparer la plupart des élémens qui les composent.

La comparaison de ces poussières naturelles avec celles que l'on obtient par la trituration des laves, fait voir en outre que ces déjections, en apparence de nature si différente des autres produits des volcans, sont cependant presque identiques avec eux. Les cendres présentent même un grand avantage, qui tient à la manière dont elles se sont probablement formées. Les grains dont elles se composent sont presque toujours des minéraux distincts; tandis que la poussière produite par la trituration des roches est fréquemment composée de grains présentant la réunion de plusieurs minéraux : de sorte que ces grains sont souvent la représentation, sur une très petite échelle, de l'échantillon lui-même. L'isolement des minéraux qui composent les cendres offre le moyen de mettre en jeu les pesanteurs spécifiques, et on sépare assez facilement par ce procédé certaines substances telles que le pyroxène.

Cette disposition particulière des cendres volcaniques me fait présumer qu'elles sont plutôt le résultat d'une cristallisation confuse produite sous l'influence d'une vive agitation, comme le salpêtre destiné à la fabrication

de la poudre, que le produit de la trituration de la lave dans la cheminée du volcan. Leur ensemble n'en représente pas moins la composition générale de la lave.

Cendres rejetées par les volcans de la Guadeloupe.

Les volcans de cette île ne sont plus dans un état d'activité complet; mais cependant ils rejettent de temps à autre des cendres en quantité considérable. M. Biot a présenté à l'Académie des sciences, dans la séance du 3 mai 1837, des cendres rejetées en 1797 et en 1836 (3 décembre), ainsi qu'une poussière provenant d'une alluvion produite par l'entraînement d'amas d'eau considérable, arrivé le 12 février 1837. M. Élie de Beaumont a déjà fait quelques essais sur ces cendres, et moi-même je les ai soumises à un premier examen dont le résultat a été communiqué à l'Académie des sciences, dans sa séance du 15 mai 1837 (1). Ces premiers essais, qui ont consisté dans l'analyse de la partie de ces sables soluble dans les acides, ayant montré qu'il y avait quelque intérêt à connaître leur composition, j'ai repris ce travail, et je les ai analysés complétement. Les deux cendres de 1797 et de 1836, ainsi que le sable de l'alluvion volcanique de 1837, m'ont offert une grande analogie de composition et de caractères minéralogiques. Ce fait me paraît intéressant à constater, en ce qu'il confirme l'opinion que les produits d'un même volcan, quelquefois si différens d'aspect, sont de même nature, et que les mo-

(1) Compte rendu de l'Académie des Sciences, 1er semestre de 1837, p. 743.

difications de texture qui les distinguent tiennent le plus ordinairement aux circonstances sous l'influence desquelles ils se sont solidifiés.

Cendres de 1797. — Ces cendres sont très fines, d'un gris foncé; elles ont un goût astringent douceâtre prononcé, dû à un mélange de sels.

Examinées au microscope, elles se composent de deux élémens différens. Le plus abondant forme des grains anguleux très hyalins; quelques uns de ces grains sont irisés et présentent le phénomène des anneaux colorés; disposition qui annonce qu'ils sont très lamelleux. Du reste, aucun de ces grains ne possède de forme ni de clivages distincts.

Le second élément est blanc-laiteux; quoique entièrement cristallin, il n'a offert aucune trace certaine de cristallisation.

Au chalumeau, ces cendres sont fusibles en émail blanc, un peu plus facilement que le feld-spath orthose.

Desséchées sur un têt de porcelaine, elles perdent 8 à 9 pour cent d'eau hygrométrique.

Le barreau aimanté y indique la présence du fer oxidulé titanifère; $22^{gr},75$ de ces cendres m'ont donné $0^{gr},0135$, correspondant à 0,58 par mille.

La saveur astringente indiquant la présence des sels, je les ai recherchés en faisant bouillir les cendres avec de l'eau distillée. J'ai trouvé qu'elles en contenaient 2,42 pour cent; composées à peu près de 2/3 de sulfate de potasse et d'alumine, et de 1/3 de sulfate de fer et de chaux. Les essais les plus minutieux n'ont pu indiquer la présence de chlorures.

L'acide sulfurique et l'acide hydrochlorique concen-

trés et bouillans attaquent assez facilement ces cendres.

L'examen au microscope du résidu montre que les grains blancs-laiteux sont complétement dissous par cette opération ; la dissolution dans les acides permet donc non seulement de fractionner l'analyse en deux parties distinctes, mais elle isole en outre les deux espèces de grains dont se composent les cendres et fournit ainsi le moyen de pouvoir en connaître la nature.

Quelques essais préliminaires m'ayant conduit au résultat intéressant que je viens d'indiquer, j'ai fait deux analyses des cendres, l'une sur $4^{gr},205$, l'autre sur $4^{gr},035$. Pour favoriser l'action des acides, les cendres ont été porphyrisées avec soin, quoiqu'elles fussent déjà à un grand état de ténuité. Je les ai d'abord fait bouillir pendant une demi-heure avec de l'eau distillée qui a dissous les sels. Cette liqueur ayant été décantée, j'ai ajouté de l'acide hydrochlorique concentré sur les cendres, et j'ai fait bouillir ce mélange pendant plusieurs heures. L'attaque étant complète, j'ai filtré les résidus. J'ai analysé séparément ces deux liqueurs contenant les parties solubles des cendres ; mais j'ai réuni en une seule opération les résidus inattaquables pesant $2^{grm},36$ et $2^{gr},275$, ainsi que les eaux chargées de sels.

Cette première opération a fractionné les $8^{gr},240$ de cendres en quatre parties distinctes, de la manière suivante :

		En centièmes.
Substance insoluble dans les acides	4,635	0,5625
Substance soluble par différence..	2,685	0,3258
Sels..........................	0,200	0,0242
Eau obtenue dans un autre essai...	0,720	0,0875
	8,240	1,0000

Les liqueurs muriatiques évaporées à siccité ont donné la silice; l'alumine et le fer, précipités ensemble par l'ammoniaque, ont été isolés par une dissolution de potasse caustique; l'azotate d'ammoniaque a séparé la chaux. Enfin, on a recherché la magnésie et les alcalis; mais ces liqueurs n'en contenaient pas la plus légère trace.

Ces deux analyses ont donné pour la composition de la partie des cendres solubles dans les acides :

	I.	II.	Moyenne.	En cent.	Oxigène.
Silice.......	0,801	0,761	0,781	0,5819	0,2923
Alumine....	0,320	0,318	0,319	0,2377	0,1110
Chaux......	0,135	0,127	0,131	0,0976	0,0274
Oxide de fer.	0,101	0,093	0,097	0,0722	0,0221
Perte.......	0,010	0,017	0,014	0,0106	»
	1,367	1,316	1,342	1,0000	»

Pour faire l'analyse de la partie soluble dans les acides, je l'ai mélangée avec cinq parties de carbonate de baryte obtenu artificiellement; je l'ai ensuite exposée à une chaleur très forte dans un creuset de platine; la masse agglutinée a été mise en digestion dans de l'acide hydrochlorique étendu de la moitié de son volume d'eau. Une certaine quantité de la substance n'avait pas été attaquée; je l'ai séparée par décantation, puis je l'ai fait bouillir avec de la potasse caustique pour enlever la silice gélatineuse qui y était mélangée. Ce résidu inattaqué pesait 0gr,452.

Après avoir obtenu la silice en évaporant la liqueur muriatique à siccité, j'y ai versé du carbonate d'ammoniaque. Par ce procédé, j'ai séparé de suite les alcalis

de la baryte et des autres substances que contiennent ces cendres.

J'ai repris les carbonates par l'acide sulfurique étendu; la baryte a été transformée à l'état de sulfate, et a été la seule substance qui n'a point été dissoute; l'alumine, le fer, la chaux et la magnésie ont été successivement séparés par les procédés ordinaires.

Pour obtenir les alcalis, j'ai évaporé à siccité la liqueur muriatique qui les renfermait, puis j'ai calciné les sels dans une capsule de platine. Les alcalis qui étaient alors à l'état de chlorures, pesaient 0gr,759. J'ai ensuite séparé la potasse et la soude au moyen du chlorure de platine. Cette opération m'a donné :

Chlorure double de potasse et de platine.	1,54
Chlorure sodique par différence........	0,88

D'où :

Potasse.............	0,298
Soude..............	0,154

La composition de la partie des cendres insolubles dans les acides est de :

		En centièmes.	Oxigène.	
Silice.............	2,598	0,6210	0,3226	— 10
Alumine...........	0,937	0,2241	0,1047	— 3
Chaux............	0,036	0,0085	0,0024	— 1
Magnésie..........	0,096	0,0231	0,0089	
Potasse...........	0,298	0,0712	0,0121	
Soude............	0,154	0,0368	0,0094	
Substance inattaquée.	0,452	»	»	
Perte.............	0,064	0,0153	»	
	4,635	1,0000		

Dans le calcul de cette analyse en centièmes, on a supprimé la partie inattaquée.

Pour compléter l'analyse de ces cendres, il reste encore à examiner la nature des sels qui ont été dissous dans l'eau. Des essais antérieurs ayant montré qu'ils ne contiennent que des sulfates, j'ai seulement cherché les bases; j'ai trouvé pour leur composition :

Sulfate d'alumine et de potasse...	0,140
Sulfate de chaux...............	0,036
Sulfate de fer par différence......	0,024
	0,200

L'examen microscopique de cendres soumises à l'action prolongée des acides, a fait voir, ainsi qu'on l'a annoncé ci-dessus, que les grains blancs laiteux constituent la partie soluble; tandis que les grains hyalins étaient inaltérables par ce procédé. Si l'on discute maintenant les analyses de ces deux espèces de grains, il en résulte que les grains solubles appartiennent à une espèce minérale particulière dont la formule est du même genre que celle du labrador, dans laquelle l'alcali est remplacé à la fois par du protoxide de fer et par de la chaux. Si donc l'on admet, avec MM. Beudant et Rose, que, dans le labrador, la chaux soit isomorphe de la soude, les cendres de la Guadeloupe seraient formées en partie de ce genre de labrador. En effet, cette espèce minérale est représentée par la formule $N S^3 + 3 A S$, indiquant que la silice contient six fois autant d'oxigène que la soude, et le double de la quantité contenue dans l'alumine. Si on suppose que le fer qui entre dans la compo-

sition des grains blancs laiteux soit au *minimum,* ce qui est probable d'après la couleur de ces grains, il sera isomorphe de la chaux; la somme de l'oxigène de ces deux bases à 1 atome 0,0495 sera presque exactement la sixième partie de la silice. La proportion d'alumine sera seulement un peu faible; mais il est possible que le fer en contienne une petite quantité.

Dans l'analyse des grains hyalins, la relation de l'oxigène entre les bases à un atome prises toutes ensemble, et l'alumine, est de trois, comme dans le rhyacolithe; mais la proportion de l'oxigène de la silice est trop forte pour qu'on puisse établir ce rapprochement d'une manière certaine; car elle est de dix dans les grains hyalins, tandis qu'elle est seulement de six dans la formule adoptée par M. G. Rose, comme représentant la composition du rhyacolithe.

Si l'on substitue dans l'analyse générale des cendres le labrador et le rhyacolithe à leurs élémens, elle devient :

Labrador à base de chaux et de fer..	0,3258
Rhyacolithe?....................	0,5567
Fer oxidulé titanifère.............	0,0058
Sulfates de potasse et d'alumine....	0,0170
Sulfate de chaux.................	0,0045
Sulfate de fer	0,0025
Eau hygrométrique..............	0,0875
	1,0000

Cendres de l'éruption de décembre 1836. — Cette poussière est d'un gris clair. Vue sous le microscope, elle est composée de deux parties différentes à peu près

en proportions égales ; l'une hyaline, complétement transparente, est criblée de bulles comme certains quartz de Madagascar ; quelques grains de cette première substance ont présenté des clivages très nets dans deux directions.

La seconde substance est d'un blanc laiteux, en grains amorphes. Ces élémens sont du reste essentiellement identiques avec ceux que l'on a indiqués dans les cendres provenant de l'éruption de 1797, seulement leur proportion est différente. Les grains blancs laiteux, que l'on est conduit à regarder comme du labrador, sont plus abondans.

On voit de distance en distance quelques grains jaunes qui appartiennent à du soufre.

On a soumis ces cendres aux mêmes essais que les précédentes. Au chalumeau, elles sont également fusibles en émail blanc.

Calcinées, elles perdent une forte proportion d'eau ; leur surface se couvre d'une légère flamme bleue, due à du soufre qui brûle.

Dans l'acide hydrochlorique, elles sont fortement attaquables ; il y a environ 40 pour cent de soluble.

Cette opération décompose ces cendres de la manière suivante :

Substance insoluble dans les acides.	0,5088
Substance soluble................	0,3972
Eau hygrométrique par calcination.	0,0693
Soufre par sublimation...........	0,0062
Perte..........................	0,0185
	1,0000

J'ai fait ensuite, comme pour les autres cendres, une analyse de la partie dissoute et une de la partie inattaquée. J'en transcris les résultats :

Partie soluble dans les acides.		Oxigène.	Partie insoluble dans les acides.		Oxigène.	
Silice.	0,5930	0,3081	Silice	0,6312	0,3279	—10
Alumine	0,2243	0,1048	Alumine. . .	0,2085	0,0974	— 5
Chaux	0,0895	0,0252	Chaux	0,0142	0,0040	— 1
Oxide de fer. .	0,0702	0,0154	Magnésie . .	0,0160	0,0062	
Magnésie. . . .	0,0037	0,0018	Potasse . . .	0,0821	0,0139	
Soude	0,0048	0,0012	Soude	0,0310	0,0079	
Perte	0,0145	»	Perte	0,0170	»	
	1,0000			1,0000		

La composition de la partie des cendres qui s'est dissoute dans les acides se rapproche beaucoup de la même partie dans les cendres de l'éruption de 1836. La seule différence consiste dans une petite quantité de soude que présente cette analyse, dont la présence rend assez probable l'association avec le labrador. Seulement, l'alcali serait remplacé en partie par de la chaux et du protoxide de fer. La formule serait alors de même ordre. Quant à la composition des grains hyalins, elle est fort analogue à celle de la partie correspondante des cendres de 1836; mais elle s'écarte assez fortement de la formule adoptée pour le rhyacolithe qui est $(N . K) S^3 + 3 A S$; tandis que l'analyse ci-dessus conduirait à la formule $(N, K, C, M) S + 3 A S^3$.

L'analogie de composition des cendres de 1797 et de 1836 ne peut pas être le résultat du hasard; cela tient à ce que les produits d'un même volcan sont de même nature : il en résulte donc que si l'élément hyalin appar-

tient au rhyacolithe, il faut nécessairement modifier la formule qui représente la composition de cette espèce minérale. Cette hypothèse est du reste complétement confirmée par les analyses que M. Berthier a faites des feld-spaths vitreux du Drakenfelds et du Mont-Dore. La composition de ces derniers feld-spaths, qui ont été décrits depuis par M. G. Rose comme appartenant au rhyacolithe, se rapproche beaucoup de la formule (N, K, M, C) S + 3 A S^3, à laquelle conduit l'analyse des cendres de la Guadeloupe.

L'analyse générale des cendres de l'éruption de 1836 devient, en mettant le labrador et le rhyacolithe à la place de leurs élémens :

Labrador à base de chaux et de fer .	0,3972
Rhyacolithe?	0,5057
Fer titané	0,0031
Soufre libre	0,0062
Eau hygrométrique.	0,0693
Perte	0,0185
	1,0000

Sable provenant d'une alluvion boueuse qui a eu lieu à la Guadeloupe le 12 février 1837.

Ce sable est à grains beaucoup plus gros que les cendres ; il paraît aussi moins homogène, et il a toute l'apparence d'un dépôt charrié par les eaux.

Le microscope montre que ce sable est composé de quatre minéraux distincts et en proportions fort différentes :

1° Il contient des grains d'un blanc laiteux qui forment environ 25 à 30 pour 100 du sable ;

2° Des grains hyalins très brillans, analogues à ceux que nous avons admis comme étant du rhyacolithe, dans les cendres de 1797 et de 1836. Seulement, ces grains possèdent des clivages distincts ; leur grosseur permet en outre de remarquer qu'ils sont bulleux et très fendillés ; circonstances qui leur donnent la plus grande analogie avec la poussière du feld-spath vitreux du Mont-Dore ;

3° Des grains assez nombreux d'une substance dont la cassure est vitreuse, très éclatante, et dont la couleur est le jaune hyacinthe ; d'après ses caractères extérieurs, ce minéral est complétement analogue à de l'essonite ou à la variété d'idocrase, qui provient de la Somma ;

4° Quelques grains noirs, assez rares, formant de 2 à 3 pour 100, et qui paraissent appartenir à du pyroxène.

Plusieurs de ces grains sont composés à la fois de parties noires et de parties hyalines n° 1. Ils ressemblent à des fragmens d'une roche porphyroïde ou de trachyte ; cette disposition n'a point été observée dans les cendres ;

5° Enfin, le barreau aimanté a fait connaître une certaine proportion de fer oxidulé titanifère.

Ce sable, soumis aux mêmes essais que les cendres, a été fusible en émail gris et a donné 8,50 d'eau ; sur 4gr,85, 1gr,33, ou 27,43 pour 100, ont été solubles dans l'acide hydrochlorique concentré. L'analyse de cette partie dissoute a donné :

Silice	0,766	0,5760
Alumine	0,317	0,2382
Chaux	0,118	0,0875
Fer	0,092	0,0707
Perte	0,037	0,0276
	1,330	1,0000

Cette composition est complétement analogue à celle des grains blancs laiteux des cendres.

Une remarque intéressante qui ressort de la comparaison de cette analyse avec celle des cendres du même volcan, c'est que le fer forme un élément essentiel de cette variété de labrador; la forte proportion de cette base, qui entre à peu près pour 7 pour 100 dans chacune de ces analyses, ne peut pas être accidentelle. Il en serait donc du labrador comme du pyroxène; c'est-à-dire, qu'il y en aurait des variétés à bases de chaux et d'autres à bases de chaux et de fer. Cette circonstance particulière confirme ce que nous avons annoncé, que les produits d'un volcan sont de même nature, quels que soient leur texture et l'état dans lequel ils ont été rejetés.

L'identité complète de caractères extérieurs des grains hyalins qui entrent dans la composition des sables provenant de l'éruption boueuse, et ceux qui existent dans les cendres, me font présumer qu'ils sont de même nature. J'aurais désiré m'en assurer par l'analyse; mais n'ayant pu isoler par aucun procédé cette substance des grains de couleur hyacinthe, j'ai pensé que cette analyse serait peu instructive, et je ne l'ai pas faite.

Cendres du volcan de Cosigüina, dans l'Amérique centrale.

Le volcan de Cosigüina, situé dans la province de Nicaragua, fait partie d'un promontoire qui borne à l'ouest la baie de Fonseca. Dans le mois de janvier 1835, ce volcan a eu une éruption dans laquelle il a rejeté des cendres en quantité considérable. Dans quelques endroits, ces cendres formaient trois couches distinctes. M. le docteur Roulin a remis à l'Académie des cendres provenant de cette éruption, et M. Elie de Beaumont a déjà soumis, dans sa séance du 10 juillet dernier, le résultat d'un premier examen de ces cendres, que nous avons fait de concert.

Les cendres de Cosigüina sont d'un gris blanchâtre; elles sont extrêmement fines et doivent avoir été recueillies assez loin du volcan. Il faut un grossissement d'au moins deux cents fois pour distinguer la nature des grains qui les composent; et ce n'est qu'avec un grossissement de trois cent cinquante fois que l'on peut apercevoir les clivages assez nets qu'ils présentent. Ces cendres vues au microscope sont homogènes. Elles sont presque entièrement composées de grains blancs hyalins très lamelleux; beaucoup de fragmens présentent deux clivages très voisins de l'angle droit, si même ils ne sont pas rectangulaires. Ce tissu lamelleux est mis à découvert par le phénomène des anneaux colorés. Il y a quelques grains noirs très rares, et quelques uns colorés en brun. Le barreau aimanté indique la présence d'une proportion très faible

de fer titané. Au chalumeau, ces cendres sont très difficilement fusibles ; on a plus de peine à les agglomérer que celles de la Guadeloupe, et surtout que celles de l'Etna.

Chauffées légèrement, ces cendres perdent 6,27 pour 100 d'eau hygrométrique.

Attaquées par l'acide hydrochlorique concentré et reprises par une dissolution potassique, elles se sont partagées en deux parties. 18 pour 100 environ ont été dissous dans l'acide.

La partie dissoute est composée de :

Silice.	0,5155	0,2678	— 3
Alumine	0,1523	0,0711	— 1
Oxide de fer . .	0,1302	0,0396	— 1
Chaux	0,1118	0,0314	
Soude.	0,0622	0,0159	
Perte.	0,0280	»	
	1,0000		

Les cendres examinées au microscope après l'action des acides, n'avaient point changé d'aspect ; il en résulte qu'il n'existe pas de différence bien prononcée d'éclat entre les grains solubles dans les acides et ceux qui ne le sont pas ; peut-être aussi le petit nombre des premiers est-il cause qu'on ne les distingue pas.

Les grains insolubles, rendus inattaquables par leur fusion avec un mélange de céruse et de nitrate de plomb, présentent la composition suivante :

Silice	0,6429	0,3340	— 12 ?
Alumine	0,2113	0,9868	— 4 ?
Chaux	0,0140	0,0393 }	— 2 ?
Magnésie	0,0075	0,0029 }	
Soude	0,0967	0,0247 }	— 1 ?
Potasse	0,0345	0,0029 }	
	1,0069		

L'examen des analyses des deux sortes de grains dont se composent les cendres de Cosigüina nous conduit aux considérations suivantes : la partie soluble dans les acides contient à la fois de la soude et de la chaux dans des proportions qui se rapprochent de celles caractéristiques du labrador; ces grains renferment en outre une grande quantité d'oxide de fer qui, étant très probablement au *minimum*, doit être considéré comme isomorphe de la chaux, et dans ce cas les proportions s'éloignent alors beaucoup de la composition du labrador. Ces grains pourraient être considérés comme appartenant à une espèce particulière dont le signe serait $A\,S^2 + C\,S$.

Les grains insolubles dans les acides renferment à la fois de la soude et de la potasse comme le rhyacolithe. Dans les cendres du Cosigüina, la soude est de beaucoup le plus abondant des deux alcalis : ce qui est l'inverse dans le rhyacolithe. En outre, les rapports atomiques des élémens sont très différens. Ils sont représentés dans ce dernier minéral par le signe $(N\,K)\,S^3 + 3\,A\,S$, tandis que l'analyse des grains insolubles conduit à la formule $4\,A\,S^3 + 2\,C\,S + (K\,N)\,S^3$.

La composition des différentes cendres qui font le sujet

de ce mémoire ne peut en aucune manière être rapprochée de celle du feld-spath et de l'albite ; l'analyse des laves de l'Etna, que M. Laurent a donnée dans les *Annales de chimie*, et celles des laves du Vésuve, que j'ai faites, prouvent également que ces minéraux ne font point partie essentielle des produits de ces deux volcans. Ces exemples m'autorisent à penser que le refroidissement des laves des volcans brûlans, et probablement des volcans à cratères, quelque lent qu'il soit, ne développe pas cependant les circonstances nécessair[illegible] production du feld-spath et de l'albite.

Examen chimique des Produits provenant du Traitement de la Résine pour l'Éclairage au Gaz;

(Premier Mémoire.)

PAR MM. PELLETIER ET PHILIPPE WALTER.

CHAPITRE PREMIER.

Exposé du travail.

Les opérations chimiques qui se pratiquent sur une échelle étendue, et dans un but de grande application, ont cet avantage qu'elles permettent d'observer certains phénomènes, d'étudier quelques lois, d'obtenir des produits qui auraient échappé aux recherches du laboratoire ; c'est ainsi que la chimie industrielle, après avoir été

opère d'après un autre système. La résine, liquéfiée par la fusion, tombe directement dans le cylindre de fonte rempli de cook et échauffé au rouge cerise, y éprouve une décomposition complète, se réduit en gaz hydrogène carboné, en vapeur huileuse et en charbon qui reste dans le cylindre; le gaz se rend dans le gazomètre après avoir été lavé dans un réservoir où il abandonne une matière huileuse très compliquée dans sa composition; cette huile est pour le fabricant d'une grande importance. Il la soumet à la distillation et en retire divers produits, encore inconnus dans leur nature et leur composition, mais dont il a déjà trouvé l'emploi dans les arts.

L'examen chimique et l'analyse de ces produits font essentiellement l'objet de ce premier mémoire; dans un second, nous nous occuperons des produits fournis par le système de M. Danré.

L'huile brute qui accompagne le gaz hydrogène carboné par le procédé de M. Mathieu, se produit dans la proportion environ de 30 pour 100 de résine employée. La résine dont ces messieurs font principalement usage est celle connue sous le nom de *brai sec*, et qui est fournie par le pin maritime (1). Cette huile est d'un brun foncé à reflets bleuâtres. M. Mathieu la soumet à la distillation dans un grand alambic, et fractionne les pro-

(1) M. Mathieu nous a assuré qu'il n'avait pas remarqué de différence dans la marche de l'opération ni dans les produits obtenus quand il s'est servi de la résine que le commerce tire de l'Amérique septentrionale, et qui est également fournie par un arbre de la famille des conifères.

duits. La marche de l'opération et le fractionnement des produits sont réglés par l'élévation de la température prise dans l'intérieur de l'alambic. Le premier produit, désigné par le fabricant sous le nom de *vive essence*, commence à distiller à environ 130° C., et continue à distiller tant que le liquide contenu dans l'appareil n'a pas atteint 160° C.; en ce moment, la distillation a comme un temps d'arrêt; la température du liquide contenu dans l'alambic s'élève rapidement, et à 280° C., la distillation repart avec force. Le produit qu'on obtient alors est encore une huile que le fabricant désigne sous le nom d'*huile fixe,* en raison de son peu de volatilité lorsqu'on la compare à celle de la vive essence. Dans l'intervalle de temps qui sépare la production des deux huiles, il se sublime une certaine quantité de naphtaline; les dernières portions de vive essence et les premières d'huile fixe abandonnent même une certaine quantité de cette belle substance lorsqu'elles éprouvent un abaissement de température. Pendant la distillation de l'huile fixe, la température continue à augmenter jusqu'à 350° C. Il passe alors une matière qui se fige dans les récipiens. Cette substance est d'un brun noirâtre ou bleuâtre ; le fabricant la désignait sous le nom de *matière grasse;* lorsqu'elle a passé, il ne reste plus dans la cornue qu'un charbon brillant.

L'un de ces quatre produits, la naphtaline est seule bien connue, et nous aurons peu de chose à en dire; il n'en est pas de même des trois autres produits : la vive essence, l'huile fixe et la matière grasse ; leur examen, dont nous nous sommes occupés depuis près d'une année, a été pour nous la matière d'un travail fort long,

souvent fastidieux, mais qui n'est pas sans intérêt. Qu'il nous soit permis de revendiquer ici le mérite de la persévérance, en prévenant que pour ne point abuser des momens que l'Académie veut bien nous accorder, nous tâcherons de renfermer souvent en quelques lignes une longue série d'opérations.

DEUXIÈME CHAPITRE.

De la vive essence.

Ce produit brut, tel qu'il nous a été fourni par l'usine, était d'un rouge ambré, d'une odeur forte, mais qui n'avait rien de désagréable; il rougissait le papier de tournesol. Distillé à feu nu, mais avec quelque précaution, il a donné une huile volatile d'une couleur encore ambrée, et pour résidu une sorte de goudron charbonneux.

L'huile volatile a été agitée avec une solution de potasse caustique assez concentrée. Ce traitement avait pour but non seulement d'enlever à l'huile l'acide pyrogéné qui l'accompagnait, mais de plus de s'assurer si elle ne contenait pas une huile saponifiable. La liqueur alcaline a donc été examinée après avoir été long-temps en contact avec la vive essence. Saturée par un acide, elle n'a abandonné que quelques flocons blanchâtres. La vive essence ne contient donc en quantité sensible aucune huile saponifiable. Nous avons alors procédé de nouveau à la distillation de la vive essence; mais comme des essais préliminaires nous avaient appris qu'elle contenait deux huiles volatiles différentes entre elles par

leur degré de volatilité, nous avons opéré à l'aide du bain d'huile ; ce qui nous permettait de graduer et régler la température.

A 130° C., la vive essence est entrée en ébullition ; on a maintenu la température quelque temps, puis on l'a élevée jusqu'à 160° C. sans dépasser cette limite (des tâtonnemens nous avaient indiqué cette marche) ; au bout d'un certain temps, la distillation était peu sensible et l'ébullition s'était arrêtée. Après avoir recueilli le produit, nous avons porté la température du bain d'huile à 175° C. ; la distillation a repris sa marche ; nous avons successivement élevé la température jusqu'à 220°. En ce moment, il a passé de la naphtaline qui s'est sublimée dans le col de la cornue et à l'orifice du ballon. L'opération terminée, il restait dans la cornue un peu de goudron charbonneux.

La naphtaline obtenue dans cette opération est relativement assez abondante, elle est surtout très facile à purifier. Il suffit pour cela de la sublimer une ou deux fois, ou de la faire cristalliser dans de l'alcool en filtrant la solution sur du noir d'os. Il est probable que pour obtenir maintenant cette belle substance, on suivra ce procédé, et qu'on n'aura plus recours au goudron de la houille qui donne une naphtaline très difficile à purifier. En revenant à la vive essence, on voit par ce qui précède qu'elle est formée au moins de quatre substances, deux huiles volatiles, de la naphtaline et d'une petite quantité de matière colorante qui reste altérée au fond de la cornue sous forme de matière goudronneuse. Des deux huiles que nous avons signalées, l'une, plus volatile, distille presque entièrement dans les limites de 130 à

160° prise dans le bain d'huile ; l'autre demande pour entrer en ébullition une température supérieure. Nous désignerons provisoirement la première de ces huiles par la lettre A et la seconde par la lettre B.

De ce moment, nous allons nous occuper de l'huile A, que nous regardons comme loin encore d'être pure ; car elle retient une certaine quantité d'huile B, de la naphtaline et une matière très altérable qui lui donne la propriété de se colorer par le temps.

Nous ne mentionnerons point ici toutes les tentatives que nous avons faites dans le but de l'obtenir à l'état de pureté ; nous aborderons directement l'exposition du procédé fort long, mais qui seul nous a réussi.

Nous avons mélangé l'huile A avec un quart de son volume d'acide sulfurique concentré. Le mélange, opéré par vive agitation, a eu lieu sans élévation très sensible de température, et la masse liquide s'est colorée en rouge foncé ; par le repos, elle s'est divisée en deux couches, l'une, inférieure, produite par l'acide sulfurique épaissi, chargé d'une matière brune très foncée répandant déjà l'odeur de l'acide sulfureux ; l'autre, supérieure, formée par une huile légère, était aussi colorée en rouge ; elle répandait une odeur assez agréable. Cette huile, décantée, a été distillée par la chaleur ; la couleur rouge est devenue bleue ; il s'est aussi dégagé un peu d'acide sulfureux, et l'huile a distillé en laissant une petite quantité de matière bitumineuse. L'huile distillée était limpide et presque incolore ; mais remise en contact avec de l'acide sulfurique, elle s'est encore fortement colorée. On a procédé à un troisième traitement, sa couleur était jaune orangé. Les traitemens par l'acide sulfurique, suivis de

distillation, ont été continués quinze à vingt fois; l'huile décantée était, avant d'être soumise à la distillation, lavée avec une solution concentrée de potasse. C'est par cette série de traitemens que nous sommes parvenus à obtenir un liquide très léger, volatil, sans résidu, et qui non seulement ne se colorait pas par l'agitation avec l'acide sulfurique, mais ne donnait aucune teinte à l'acide. Ce liquide fut encore distillé à trois reprises sur du potassium. Le potassium sépara d'abord quelques flocons d'une matière blanche; mais à la troisième distillation, il se conservait intact et brillant dans le liquide. L'huile A ayant, par cette série d'opérations, acquis un degré parfait de pureté, à en juger par sa densité constante et son point constant d'ébullition, nous nous sommes livrés à l'examen de ses propriétés et à la détermination de sa composition.

L'expression d'huile, même accompagnée d'une épithète pour désigner la substance qui va nous occuper, et deux autres que nous aurons à faire connaître, ne peut être employée parce qu'elle est trop vague et donne des idées fausses. Nous nous sommes décidés à adopter de nouveaux noms. La multiplicité des noms est une nécessité corrélative de la multiplicité des corps, il faut la subir. N'admettons que des corps bien déterminés dans leur nature, leur composition, leurs propriétés; mais ces corps, une fois reconnus par la science, doivent être dénommés. Les noms évitent des périphrases, et c'est à quoi l'on doit toujours tendre pour être clair et précis. Les noms conservent la mémoire des choses et rendent la science plus facile.

Nous désignerons la substance qui nous occupe par le

nom de *rétinnaphte*, qui rappelle son origine et ses propriétés physiques (ῥητίνη-νάφτα).

Du Rétinnaphte.

Le rétinnaphte obtenu par le procédé que nous avons indiqué, est un liquide d'une limpidité parfaite; son odeur est agréable, peu prononcée; elle rappelle celle de quelques plantes labiées. Sa saveur est légèrement piquante; il réfracte fortement la lumière, mais n'en éprouve aucune altération; il se volatilise entièrement à l'air; sa pesanteur spécifique est de 0,86. Il bout et se maintient en ébullition à 108° sous la pression de $0^m,76$; il supporte un froid de 20° centi. sans se congeler.

Le potassium n'a aucune action à chaud ni à froid sur le rétinnaphte; il en est de même de la potasse caustique. L'acide sulfurique à froid n'agit aucunement; l'acide sulfurique concentré et bouillant l'attaque à peine. Nous suspendons en ce moment l'examen de ses autres propriétés pour nous occuper immédiatement de son analyse. Quand elle nous sera connue, il nous sera plus facile de nous rendre compte des réactions qu'il éprouve de la part de quelques agens puissans.

Nous l'avons opérée après nous être assurés que notre matière ne contenait pas d'azote. Nous avons porté dans cette analyse, que nous avons répétée plusieurs fois, toutes les précautions que demandait la constitution particulière de cette substance, c'est-à-dire sa fluidité et sa volatilité. Nous nous sommes surtout attachés à éviter toute cause d'erreur dans l'évaluation de l'eau obtenue par la combustion. Voici les données de plusieurs expériences :

	I.	II.	III.
Matière employée. . . .	0,37	0,338	0,457
Acide carbonique obtenu	1,227	1,12	1,518
Eau.	0,286	0,276	0,372

D'après ces résultats, on trouve que le rétinnaphte est formé de :

	I.	II.	III.
Carbone	91,69	91,62	91,86
Hydrogène	8,57	9,05	9,02
	100,26	100,67	100,88

La formule atomique la plus simple, parmi celles qui peuvent représenter ces résultats, est :

(C^7) Carbone, 7 at. . . . =	267,82	91,46
(H^4) Hydrogène, 4 at. . . =	25,00	8,53
		99,99

On pourrait également adopter la formule suivante :

Carbone, 28 at. . . . . =	1071,28	91,46
Hydrogène, 16 at. . . . =	100,00	8,53

Rien ne nous permet encore de nous décider entre les deux formules ; nous ne pouvons toutefois nous empêcher de faire observer que la dernière est celle d'un hydrogène-carbone cherché par les chimistes, parce qu'il représenterait le radical des combinaisons benzoïques.

En effet, soit C^{28} H^{16} ; en lui enlevant, à l'aide d'un corps oxigénant, 4 atomes d'hydrogène, il s'y fixerait, d'après la théorie des substitutions si bien établie par M. Dumas, 2 atomes d'oxigène, et on aurait :

$$C^{28} H^{12} O^{2},$$

formule de l'huile d'amande amère.

En lui enlevant 6 atomes d'hydrogène, il se fixerait 3 atomes d'oxigène, et on aurait :

$$C^{28} H^{10} O^{3},$$

formule de l'acide benzoïque.

Quoi qu'il en soit, après avoir établi la composition du rétinnaphte, nous avons recherché la densité de sa vapeur.

Voici les données de l'expérience :

Pression $0^{m},755$,
Température $5^{\circ},5$,
Température du bain d'huile 180° cent.,
Poids de la vapeur $0^{gr},328$,
Volume du ballon 310 cent. cubes,
Air restant 20 cent. cubes à 4°.

En calculant d'après toutes ces données la densité de la vapeur du rétinnaphte, on trouve :

$$D = 3,23.$$

Cette densité correspond à celle qu'a donné la formule :

$$C^{7} H^{4} = D\ 3,226.$$

Mais si ce carbure d'hydrogène peut être comparé à ceux qui forment la base des éthers ; et cette comparaison non seulement se présente à l'idée, mais la chose est rationnelle ; de même que pour l'hydrogène bicarboné de l'éther, on a pris l'équivalent qui en représente quatre

volumes, nous pouvons prendre pour formule de l'atome du rétinnaphte $(C^7 H^4) \times 4 = C^{28} H^{16}$.

Nous nous arrêterons à cette formule tant que des faits ne viendront pas s'opposer à cette manière de considérer notre substance. Continuons l'examen de ses propriétés. Parmi les corps simples, nous avons remarqué que le soufre s'y dissolvait facilement à chaud; la solution, quoique chargée, est peu colorée. Le soufre par le refroidissement cristallise en *feuilles de fougères*, ses cristaux sont d'un jaune extrêmement pâle.

L'iode se dissout même à froid dans le rétinnaphte en le colorant en beau rouge cramoisi. Le chlore s'y dissout à froid en le colorant en jaune; mais si l'on chauffe, le chlore se dégage et le rétinnaphte reste non altéré. Il n'en est plus de même si l'on fait arriver abondamment du chlore, soit sec, soit humide, dans le rétinnaphte élevé au point d'ébullition et en pleine distillation; le rétinnaphte se convertit en un liquide oléagineux très dense, plus lourd que l'eau; toutefois, comme une portion de rétinnaphte échappe à l'action du chlore, il faut le recohober plusieurs fois en continuant de faire passer du chlore.

Le produit obtenu doit être lavé avec de l'eau distillée froide pour qu'il puisse se dépouiller au moins en grande partie de l'acide hydrochlorique ou du chlore qui pourrait y être resté mélangé (il n'est pas ici question du chlore qui y existe en combinaison); on peut ensuite le dessécher sous la cloche de la machine pneumatique. Ainsi préparé, ce produit est d'un jaune brunâtre, d'une saveur extrêmement piquante; son odeur est extrêmement forte surtout lorsqu'elle est développée par

la chaleur ; elle rappelle celle du raifort avec laquelle elle a beaucoup d'analogie ; sa vapeur excite fortement l'émission des larmes.

Ce corps s'enflamme très difficilement par contact, à moins qu'il ne soit chauffé ; mais en le divisant dans une mèche de coton et en l'approchant d'une bougie allumée, il brûle avec une flamme rouge bordée de vert, en répandant beaucoup de fumée. Cette fumée est chargée d'acide hydrochlorique ; une partie de la matière échappe cependant à la combustion et affecte fortement l'organe de la vue.

Avant d'aller plus loin, nous ferons remarquer ici une grande ressemblance entre cette matière et le chlorure de benzoïle. En effet, ces deux composés ont le même aspect, la même densité (prise approximativement), même odeur, odeur si caractéristique du raifort. Mais le chlorure de benzoïle traité par l'eau bouillante se convertit en acide benzoïque et en acide hydrochlorique ; tandis que notre chlorure n'éprouve aucune altération. Bien plus, traité par la potasse, il donne du chlorure de potassium et une huile brune d'une odeur particulière et différente de celle du rétinnaphte, mais il ne produit point de benzoate de potasse. Du reste, on pouvait s'attendre à ce résultat ; le rétinnaphte ne contient point d'oxigène ; traité par le chlore sec, il ne pouvait jamais produire d'acide benzoïque, même d'après sa formule. Nous avons tenté l'analyse de ce produit chloruré ; mais nous avons été arrêtés, car les lavages ne suffisent pas pour éliminer le chlore ni même l'acide hydrochlorique libre qui peuvent y rester interposés ; cependant, il est resté évident pour nous que le rétinnaphte a perdu

4 atomes d'hydrogène et gagné 4 atomes de chlore : nous croyons donc pouvoir ainsi formuler la composition du composé qu'il forme par l'action du chlore :

$$C^{28} H^{12} Ch^{4}$$

composé dans lequel 4 atomes d'hydrogène sont remplacés par 4 atomes de chlore. En distillant le rétinnaphte avec le brôme, on obtient un produit qui présente la plus grande analogie avec le précédent ; on ne peut même l'en distinguer qu'à l'aide de l'analyse ou de réactions qui manifestent le brôme.

L'acide nitrique a sur le rétinnaphte une action toute particulière et caractéristique lorsqu'on opère à chaud ; car à froid, il ne l'attaque pas sensiblement ; à chaud, l'action a même lieu avec lenteur, et il faut recohober plusieurs fois le rétinnaphte en ajoutant de nouvelles quantités d'acide nitrique lorsqu'il est nécessaire. Dans cette réaction, il y a dégagement de gaz nitreux provenant de la décomposition de l'acide nitrique, et formation de beaucoup d'acide hydrocyanique ; il reste au fond de la cornue une matière blanche qui cristallise dans l'excès d'acide nitrique en mamelons granuleux.

Pour constater la formation de l'acide hydrocyanique, nous avons fait passer les vapeurs dans une solution de nitrate d'argent ; nous avons eu un précipité blanc que nous avons ultérieurement converti en bleu de Prusse par les sels de fer. Ce fait bien constaté nous a paru intéressant ; il donne un exemple d'une substitution d'azote à de l'hydrogène dans un hydrogène carboné (1).

---

(1) En faisant connaître, il y a déjà quelques années, la composi-

Quant à la matière blanche cristallisée en mamelons obtenue pendant la réaction de l'acide nitrique sur le rétinnaphte, elle avait cela de remarquable qu'elle répandait l'odeur de fèves tonka, c'est-à-dire une odeur mixte entre celle de l'acide hydrocyanique et celle des fleurs de benjoin. Supposant ce produit complexe, nous l'avons traité à plusieurs fois par l'alcool fort pour détruire l'acide nitrique et pour chasser l'acide hydrocyanique; il est resté une poudre blanche grenue qui n'avait pas de saveur sensiblement acide, mais qui rougissait le tournesol, se dissolvait dans les alcalis et était précipitée en masse blanche par les acides minéraux; traitée par l'eau de chaux, elle s'y est en grande partie dissoute; la substance colorée en jaune s'est décolorée en partie par le noir animal. La liqueur, concentrée et traitée par l'acide hydrochlorique, a produit la matière blanche; celle-ci, desséchée et introduite dans un tube, a été chauffée à la lampe; une matière cristalline s'est rassemblée, à la partie supérieure du tube, en cristaux; mais il est resté au fond du tube une masse charbonneuse. Ces caractères ne sont pas sans quelque rapport avec ceux de l'acide benzoïque; cependant, nous avons eu trop peu de cristaux pour en faire l'analyse ou même une série de combinaisons, et nous laissons à regret ce point dans le doute (1). Après avoir tracé l'histoire du rétin-

---

tion des acides cholestérique et ambréique, un de nous, conjointement avec M. Caventou, avait signalé le premier ce passage de l'azote dans une matière non azotée pour constituer un acide.

(1) Nous avons déjà repris l'examen de ce produit, et nous le poursuivons.

naphte, revenons sur la vive essence de M. Mathieu, et rappelons qu'elle contient une seconde substance oléagineuse dont le degré de volatilité est bien inférieur à celui du rétinnaphte : c'est celle que nous avons indiquée par la lettre B (p. 276). Purifiée par les procédés que nous allons rapporter, elle constitue un hydrogène carboné particulier que nous désignerons sous le nom de *rétinnyle*.

Du Rétinnyle.

Pour obtenir le rétinnyle à l'état de pureté, il faut le distiller plusieurs fois en séparant les parties les plus volatiles qui pourraient retenir du rétinnaphte, puis le traiter plusieurs fois de suite et successivement par l'acide sulfurique concentré et la potasse caustique, en distillant entre chaque traitement. Il est toutefois à remarquer que les traitemens par l'acide sulfurique, qui ont pour but d'enlever la naphtaline, ne doivent pas être poussés trop loin. En effet, le rétinnyle est lui-même attaqué par l'acide sulfurique, qui finirait par le détruire entièrement. Au moment du mélange, l'acide sulfurique prend une couleur rouge magnifique, mais bientôt il brunit, noircit et dégage de l'acide sulfureux. Le rétinnyle qui surnage est lui-même coloré, surtout dans les premiers traitemens : c'est même lorsqu'il ne se colore presque plus, quoique l'acide lui-même soit encore très coloré, qu'il faut s'arrêter. Nous n'avons pas non plus négligé l'emploi du potassium comme dernier moyen de purification ; mais nous nous sommes bornés à deux ou trois traitemens ; car le rétinnyle lui-même est attaqué par le potassium, par suite d'une réaction lente, mais

qui diffère de celle que les corps oxigénés ou ceux qui retiennent de l'eau font subir au potassium. Le potassium ne se recouvre point d'une croûte blanche ; il ne produit pas un dégagement de bulles, mais il se bronze et noircit à sa surface ; au bout même d'un certain temps, il s'en détache une croûte noire qui nous paraît être un carbure de potassium, mais nous en avions trop peu pour l'examiner. La grande quantité de rétinnyle qu'on est obligé de sacrifier pour l'obtenir à l'état de pureté, fait que nous n'avons jamais eu que très peu de cette matière. Nous avons pu constater ses propriétés physiques, sa composition, la densité de sa vapeur, son action dissolvante sur quelques corps et les phénomènes qui accompagnent les réactions que lui font subir quelques agens puissans de la chimie ; mais l'examen approfondi, l'analyse des produits secondaires résultant de ces réactions, n'ont pu faire partie de ce travail.

Le rétinnyle est parfaitement limpide et transparent ; il ne s'altère point à la lumière ; il se volatilise à l'air libre ; il est moins mobile que le rétinnaphte ; cependant sa pesanteur spécifique est peu différente ; elle est de 0,87 à 13° centi. et à 0^{m},76 de pression. Mais il n'entre en pleine ébullition qu'à 150° centi. et distille sans résidu. Son odeur est différente de celle du rétinnaphte, il est difficile de la définir ; sa saveur est plus piquante, accompagnée d'un peu d'amertume ; mais c'est surtout dans sa composition et dans les réactions que le chlore et l'acide nitrique y développent, que l'on doit chercher la différence qui existe entre le rétinnyle et le rétinnaphte. Nous avons procédé à l'analyse du rétinnyle par les moyens connus. Cette analyse a été plusieurs fois répé-

tés. Voici les données et les résultats de plusieurs expériences :

Rétinnyle........... 0,439

I. Acide carbonique obtenu.... 1,433
Eau obtenue.............. 0,398

	Matière.	Acide carbonique.	Eau.
II.	0,325	1,062	0,295
III.	0,285	0,937	0,26
IV.	0,48	1,57	0,437

Ce qui donne :

	I.	II.	III.	IV.
Carbone.....	90,25	90,35	90,55	90,43
Hydrogène...	10,05	10,06	10,11	10,09
	100,30	100,41	100,66	100,52

Résultats qui correspondent à la formule suivante :

$$C^9 H^6 = \begin{cases} \text{carbone......} & 90,17 \\ \text{hydrogène....} & 9,83 \end{cases}$$

100,00

La densité de sa vapeur vient à l'appui de cette formule. Voici les données de l'expérience :

Pression.....................	0^m,746
Température de l'air	9° C.
Température réelle du bain.....	244° C.
Excès du poids du ballon.......	0^{gr},552
Volume.......................	340 cent. c.

En calculant la densité du rétinnyle d'après ces données, on trouve :

$$D = 4,242.$$

La densité calculée d'après la formule de l'analyse est:

$$D = 4,247.$$

En appliquant à la formule $C^9 H^6$ du rétinnyle les considérations qui nous ont engagé à quadrupler celle du rétinnaphte, nous la transformerons en :

$$C^{36} H^{24}.$$

Parmi les matières connues, nous n'en voyons pas dans laquelle on puisse retrouver cet hydrogène carboné comme radical. Le rétinnyle dissout le soufre à chaud, le soufre y cristallise; il dissout même à froid l'iode.

Lorsque l'on traite le rétinnyle par le chlore, en faisant arriver celui-ci dans le rétinnyle bouillant, comme nous l'avons pratiqué pour le rétinnaphte, on obtient un liquide dense, oléagineux, ayant l'aspect de celui qu'on prépare en traitant le rétinnaphte par le chlore; mais le chlorure provenant de l'action du chlore sur le rétinnyle diffère de l'autre par son odeur. Ici ce n'est plus l'odeur forte, vive et pénétrante que nous avons comparée à celle de l'huile de raifort; mais une odeur beaucoup plus faible, toute particulière, et que nous ne pouvons mieux comparer qu'à celle qu'on sent lorsque l'on entre le matin dans une forêt. Il brûle avec difficulté; la flamme est rouge, fuligineuse, bordée de vert; mais la vapeur qui s'échappe n'affecte point les yeux comme celle du chlorure provenant du rétinnaphte. Cette combinaison méritera d'être particulièrement étudiée.

Le rétinnyle traité par l'acide nitrique est attaqué

même à froid et jaunit sur-le-champ. Par l'ébullition, il disparaît et se dissout dans l'acide; pendant cette opération, il se dégage beaucoup de gaz nitreux, et un peu de vapeur d'acide hydrocyanique. Si l'on emploie assez d'acide nitrique, la solution achevée est presque incolore, et par le refroidissement il se sépare une matière blanchâtre qui se montre en flocons nageant dans le liquide ou en couche recouvrant la surface. Cette matière lavée est blanche, a l'aspect d'une graisse, elle est peu soluble dans l'eau; mais elle se dissout instantanément dans les solutions alcalines en prenant une couleur rouge très intense qu'elle communique à la dissolution. Si dans la liqueur alcaline on verse un acide, la matière rouge se dépose en flocons.

L'acide nitrique convertit donc le rétinnyle en une matière grasse susceptible de se saponifier, c'est-à-dire de s'unir aux alcalis par suite d'une nouvelle réaction qu'elle éprouve de leur part. Nous n'avons observé ce fait intéressant que dans ces derniers jours, et nous n'avions plus assez de rétinnyle pour préparer de nouvelles quantités de substance grasse nécessaire à un examen ultérieur : mais le fait reste.

Le rétinnyle, comme le rétinnaphte, s'unit aux huiles, dissout les corps gras et la plupart des résines.

CHAPITRE TROISIÈME.

De l'huile fixe.

On se rappelle que M. Mathieu donne le nom d'*huile fixe* ou d'*huile opaline* à celle de ses huiles pyrogénées

qui dans la rectification ne distille qu'à environ 280°. Cette huile, avant toute purification, est d'un brun verdâtre, bleu sur les bords, opaline et souvent même très trouble. M. Chéreau, directeur industriel de l'usine d'éclairage de la Chaussée du Maine (dépendant de la Société européenne pour l'éclairage, dont M. Mathieu est directeur-gérant), a fait avec succès quelques tentatives pour l'obtenir claire et peu colorée ; il y est parvenu en la filtrant sur du plâtre, et en l'exposant à la lumière du soleil. M. Darcet, consulté par la Compagnie, a proposé de la traiter par la lessive caustique à 41° . B. Ce procédé a bien réussi, et l'huile fixe ainsi clarifiée est déjà employée dans la peinture en bâtimens; mais l'*huile fixe* de MM. Mathieu et Chéreau, même clarifiée par ces deux procédés, est encore loin pour le chimiste d'être une matière pure; c'est un produit très complexe; on y trouve de l'acide acétique, une matière bitumineuse (cette matière bitumineuse contient un peu de créosote) qu'on peut séparer par la potasse, du rétinnaphte, du rétinnyle, une substance cristalline particulière que l'on trouve aussi dans le produit que M. Mathieu nomme *matière grasse*. Débarrassé de ces substances qui lui sont étrangères, il constitue un hydrogène carboné particulier que nous désignerons sous le nom de *rétinole*, en raison de son aspect huileux.

Du Rétinole.

Pour l'avoir pur, on prend l'huile fixe de M. Mathieu clarifiée, et on la distille en séparant les premières portions qui contiennent du rétinnaphte, du rétinnyle et de

la naphtaline. On rejette aussi les dernières parties qui passent à la distillation, comme chargées de *matières grasses*. Mais une seule distillation est loin de suffire; non seulement pour l'avoir pure, mais même pour l'avoir blanche et incolore; nous avons souvent été obligés de porter ces rectifications jusqu'à 12, et encore le produit n'est pas chimiquement pur et il contient encore de la naphtaline. Il faut donc le traiter successivement et à plusieurs reprises par l'acide sulfurique concentré et des solutions alcalines, en distillant après chaque traitement alcalin, en s'arrêtant quand on a obtenu un produit oléagineux bien transparent et bouillant à 238°. C'est ici le lieu de placer quelques remarques. Les traitemens par l'acide sulfurique, qui ont pour but de détruire la naphtaline et peut-être une autre matière qui donne à l'huile la propriété de se colorer à l'air, ne doivent pas être portés trop loin. On finirait par détruire entièrement le rétinole lui-même; car à chaque traitement une partie du rétinole se dissout dans l'acide sulfurique proportionnellement à la masse de l'acide, et cette partie dissoute est en peu de temps charbonnée; au moment du mélange, la masse prend une couleur rouge s'il reste du rétinnyle; elle prend une teinte verte s'il n'y a que du rétinole.

On voit aussi que l'acide sulfurique n'attaque que les parties de rétinnyle ou de rétinole qu'il a dissoutes. Du reste, cette règle est assez générale, même en chimie organique, et explique pourquoi il faut si souvent une grande masse d'un agent pour opérer l'entière décomposition d'un corps.

Nous avons fixé à 238° le point d'ébullition du réti-

nole pur ; toutefois, dans la pratique, nous regardons comme tel le rétinole obtenu entre 236 et 244° ; car il est difficile de le distiller autrement qu'à feu nu, et dès lors à chaque distillation une petite partie se décompose en produits, les uns plus volatils et les autres plus fixes que lui-même.

Le rétinole, au point où nous le regardons comme pur, est un liquide limpide, oléagineux, doux au toucher, sans odeur ni saveur bien sensible ; il ne se colore pas à la lumière. Sa pesanteur spécifique est de 0,9. On voit qu'il est à peine plus léger que l'eau.

Son analyse par le deutoxide de cuivre nous a donné les résultats suivans :

	I.	II.
Matière employée.......	0,3085	0,362
Acide carbonique.......	1,032	1,21
Eau..................	0,216	0,266

D'où l'on tire par le calcul :

Carbone........	92,49	92,42
Hydrogène	7,76	8,11
	100,25	100,53

C'est un bicarbure d'hydrogène que nous pouvons représenter par

$$C^{16}H^{8} = \begin{cases} C\ldots\ldots\ldots & 92{,}35 \\ H\ldots\ldots\ldots & 7{,}65 \end{cases}$$

$$100{,}00$$

En effet, en prenant la densité de sa vapeur, nous trouvons :

$$D = 7,11 \text{ (1)}.$$

Ce qui s'éloigne fort peu de la densité d'après la formule que nous avons adoptée, et qui donne :

$$D = 7,29.$$

Or, en multipliant par 4 la formule $C^{16} H^{8}$, nous avons $C^{64} H^{32}$.

Si l'on se reporte au bicarbure d'hydrogène liquide découvert par M. Faraday, et qu'il a obtenu en comprimant le gaz des huiles végétales, bicarbure d'hydrogène représenté par la formule

$$C^{6} H^{3} \text{ ou } C^{24} H^{12},$$

mais qui, en nombres centésimaux, offre une composition semblable à celle de notre produit, on sera frappé de l'importance qu'acquièrent chaque jour les faits et les lois d'isomérisme. Notre bicarbure d'hydrogène est un des exemples les plus frappans de la différence des propriétés que peuvent présenter des substances qui ont la même composition quant à la nature et à la proportion de leurs élémens, mais dans lesquelles les molécules élémentaires sont certainement groupées d'une manière différente.

Il nous a paru intéressant de rechercher quelle place

---

(1) Données de l'expérience :

Pression atmosphérique . . .	0,757
Température atmosphérique. .	14° C.
Température réelle du bain. . .	278° C.
Excès du poids du ballon. . .	0gr,652
Volume	290 cent. cub.

tiendrait le rétinole dans la liste méthodique des hydrogènes carbonés déjà connus. Ce rapprochement pourra amener à la recherche d'une nouvelle série d'hydrogènes carbonés qui doivent exister et dont nous avons déjà deux termes. Pour s'en convaincre, il suffira de jeter les yeux sur le tableau ci-joint :

Première série.		Deuxième série.	
C^4 H^4	méthylène.	C^4 H^2	inconnu.
C^8 H^8	gaz oléfiant.	C^8 H^4	inconnu.
C^{16} H^{16}	gaz de l'huile.	C^{16} H^8	inconnu.
		(C^{24} H^{12})	benzine.
C^{32} H^{32}	corps inconnu.	C^{32} H^{16}	inconnu.
C^{64} H^{64}	cétène.	C^{64} H^{32}	rétinole.

La deuxième série comprendra les hydrogènes carbonés dans lesquels le carbone étant en même quantité que dans la première, l'hydrogène se trouve pour moitié moins. On voit que dans cette seconde série, le rétinole correspond au cétène de la première.

Continuons l'exposé des propriétés du rétinole. A l'air il se volatilise, mais très lentement; il tache le papier à la manière des corps gras et lui donne de la transparence; mais au bout d'un certain temps la tache disparaît et le papier devient opaque. Le rétinole, privé de toute humidité, n'attaque point le potassium. S'il retient un peu de rétinnyle, le potassium y prend une couleur noire; il dissout l'iode et le soufre plus facilement encore que le rétinnaphte et que le rétinnyle, probablement parce qu'on peut davantage élever la température. Par le refroidissement, le soufre cristallise en cristaux transparens. Il absorbe plusieurs gaz et particu-

lièrement le gaz acide sulfureux dont il prend plusieurs fois son volume. Il ne se combine pas avec les alcalis. Lorsque l'on fait passer du chlore dans du rétinole porté presque au point de l'ébullition, il y a réaction et formation d'acide hydrochlorique. Le rétinole se colore en jaune brunâtre; par le refroidissement, on a une masse *transparente,* mais si épaisse, qu'elle ne peut couler sans être réchauffée. Versée dans l'eau, elle se précipite et reprend sa densité. Ce produit a une légère odeur de rose. Il brûle encore plus difficilement que les composés qui résultent de l'action du chlore sur le rétinnaphte et le rétinnyle. La flamme est d'un rouge foncé, répand beaucoup de fumée; mais la vapeur qui s'en échappe ne sent que faiblement l'acide hydrochlorique, et n'a rien de ce piquant qui affecte si vivement la vue quand on brûle le chlorure produit par le rétinnaphte.

L'acide nitrique à froid a peu d'action sur le rétinole; à chaud, il l'attaque rapidement; il n'y a ici formation ni d'acide hydrocyanique, ni de matière cristalline. On n'obtient qu'un liquide oléagineux très coloré, qui jusqu'à présent ne nous a présenté aucune propriété digne de remarque.

Le rétinole s'unit aux corps gras, aux huiles, dissout plusieurs résines. Le caoutchouc s'y dissout très bien à chaud; mais le rétinole y reste uni, et le caoutchouc malheureusement ne reprend point son élasticité. La copale s'y gonfle, devient d'une transparence parfaite, mais il ne s'en dissout que de petites quantités.

CHAPITRE QUATRIÈME.

De la matière grasse.

L'un des derniers produits de la distillation de l'huile brute provenant de l'usine d'éclairage de M. Mathieu et du traitement de la résine par son procédé, est celui que nous avons désigné dans notre premier chapitre sous le nom de *matière grasse*. A l'état brut, elle est butireuse ou demi-liquide; sa couleur est le bleu-verdâtre; on voit qu'elle consiste en une substance cristalline en partie dissoute et en partie suspendue dans un liquide huileux composé principalement de rétinole.

Pour obtenir la substance cristalline, nous avons placé la matière grasse dans une cornue de verre, et nous l'avons soumise à la chaleur de manière à ne produire qu'une légère ébullition; les hydrogènes carbonés huileux se volatilisent en grande partie avec de la naphtaline; les *huiles* ayant cessé de passer, on augmente le feu au point de faire entrer en pleine ébullition la matière contenue dans la cornue. Elle distille alors sous forme de vapeurs blanches qui se condensent dans le col de la cornue, et coulent dans le récipient en prenant l'apparence d'une matière cireuse. Enfin, les vapeurs blanches cessent; il s'élève des vapeurs jaunes; on doit dans ce moment arrêter l'opération; car le verre se ramollit déjà; mais si on met le résidu dans une cornue de grès, et que l'on continue à chauffer, il passe encore des vapeurs blanches suivies de vapeurs jaunes, qui par

leur condensation produisent une matière pulvérulente orangée; il reste une matière charbonneuse; la substance cireuse est d'une couleur jaune dont la teinte varie; les premières portions qui distillent sont verdâtres, les dernières orangées. Cette teinte est due à un peu de substance orangée.

En redistillant plusieurs fois la matière cireuse, on l'obtient de moins en moins colorée; cependant, ce n'est point ce procédé qu'il faut suivre pour l'avoir à l'état de pureté : on y parvient en la comprimant plusieurs fois et très fortement entre des doubles de papier buvard; et en la dissolvant dans de l'alcool absolu, ou au moins au dessus de 40°, on y ajoute un peu de noir animal pur; après filtration et par le refroidissement de l'alcool, la matière cireuse cristallise; après deux ou trois cristallisations, on l'obtient d'un blanc parfait et en lamelles d'un éclat nacré. Cependant, en cet état elle n'est pas encore parfaitement pure; elle retient des traces de rétinole dont on ne peut la débarrasser qu'en la traitant à froid par l'acide sulfurique concentré, à l'aide de la trituration; on sépare l'acide en la faisant fondre au bain-marie et en décantant. On recommence ce traitement deux ou trois fois; on la lave à grande eau et on la fait enfin redissoudre et cristalliser dans l'alcool. On reconnaît qu'elle est pure quand l'acide sulfurique n'a plus, du moins à froid, d'action sur elle; tant qu'elle prend par l'acide sulfurique une teinte verdâtre ou rougeâtre, c'est une preuve qu'elle retient quelques traces de carbures d'hydrogène liquide qui l'accompagnent. Ayant reconnu, soit dit par anticipation, que cette substance avait la composition de la naphtaline, dont elle est dès

lors un isomère (1), nous l'avons nommée *métanaphtaline*.

De la Métanaphtaline.

La métanaphtaline à l'état de pureté est blanche, cristalline, onctueuse au toucher, sans saveur, d'une odeur faible qui a quelque analogie avec celle de la cire. Elle n'éprouve aucune altération à l'air, ni à la lumière. Elle entre en fusion à 67° centi.; à 325°, elle entre en ébullition et distille sous forme d'huile qui, par le refroidissement, se prend en masse cristalline. Elle est entièrement insoluble dans l'eau; elle est peu soluble à froid dans l'alcool; mais l'alcool absolu bouillant la dissout en grande quantité; elle y cristallise par le refroidissement en lamelles. L'éther hydratique la dissout avec une facilité plus grande encore; mais le naphte, l'essence de térébenthine et surtout nos hydrogènes carbonés liquides sont ses meilleurs dissolvans.

Les caractères tirés de sa fusibilité, de son point d'ébullition, de sa solubilité dans l'alcool, l'éther et les huiles, suffisent déjà pour distinguer la métanaphtaline de quelques substances pyrogénées déjà connues et avec lesquelles on pourrait lui supposer plus ou moins d'analogie; savoir : la naphtaline, la paranaphtaline et la paraphine. Sous le point de vue de la fusibilité, la paraphine se fond à 43°, la naphtaline à 79° et la paranaphtaline à 180°; la métanaphtaline à 67°. Différence avec la

(1) En appliquant l'expression d'isomérie dans son sens le plus large, car ici il y a même composition; mais rien ne prouve qu'il y ait aussi même constitution.

paraphine 24° en plus, avec la naphtaline 12° en moins, et avec la paranaphtaline 113°. Sous le point de vue de la volatilité, elle ne diffère pas moins de la naphtaline et de la paranaphtaline qui se volatilisent déjà même avant de se fondre. L'éther sulfurique dissout très bien la métanaphtaline, tandis que la paranaphtaline y est insoluble. Nous rapporterons plus loin des caractères chimiques encore plus tranchés. Mais poursuivons l'ordre de nos recherches. Ici encore, l'un de nos premiers soins, après avoir reconnu que nous avions trouvé une matière particulière, a été d'en faire l'analyse, et nous avons reconnu, à notre grande surprise, que notre substance, que nous n'avions pu encore dénommer, avait la composition élémentaire de la naphtaline, et qu'elle était formée de :

Carbone...........	93,9
Hydrogène.........	6,1

Voici les données de plusieurs expériences :

	I.	II.	III.
Matière...........	0,280	0,26	0,215
Acide carbonique...	0,949	0,88	0,73
Eau..............	0,163	0,164	0,131

D'où l'on tire :

	I.	II.	III.
Carbone.....	93,71	93,58	93,88
Hydrogène...	6,45	6,99	6,75
	100,16	100,57	100,63

Il eût été très important de déterminer la densité de sa vapeur pour établir d'une manière rationnelle la formule

qui la représente. Nous avons tenté l'expérience; mais elle offre tant de difficultés en raison de la haute température à laquelle il faut opérer, que nous ne sommes pas assez certains de nos résultats pour les publier en ce moment.

Nous ne doutons pas que la métanaphtaline maintenant signalée ne se retrouve dans les produits pyrogénés de beaucoup de substances organiques soumises à l'action de la chaleur; qu'elle donnera lieu à quelque application utile ou à des recherches qui pourront offrir de l'intérêt. Pour le moment, sans chercher à en donner une histoire complète, nous allons relater quelques faits qui s'y rattachent.

La métanaphtaline à froid n'a aucune action sur le soufre; à chaud, elle le dissout; elle n'a aucune action sur le potassium, ni sur les autres métaux; elle ne s'unit point aux alcalis.

L'acide sulfurique concentré à froid ni à une douce chaleur, n'a d'action sur la métanaphtaline; mais en forte quantité et bouillant, il la charbonne. Il ne nous a pas paru former d'acide *sulfométanaphtalique*. Toutefois, nous reviendrons sur l'action de l'acide sulfurique dans un autre moment.

Le chlore dissous dans l'eau n'attaque point la métanaphtaline; mais si dans la métanaphtaline bien fondue on fait passer un courant de chlore, on observe la formation et le dégagement de vapeur hydrochlorique, et la métanaphtaline se change en une matière d'apparence résineuse, de couleur verdâtre, beaucoup moins soluble dans l'alcool absolu que la métanaphtaline. Ce produit reste à examiner plus à fond. Il n'est pas cristallisable;

l'acide nitrique à froid a peu d'action sur la métanaphtaline ; à chaud, il l'attaque et la convertit en une sorte de matière résineuse d'un jaune d'ocre, qui, soumise à la chaleur dans un vase distillatoire, se décompose sans se volatiliser. On se rappelle que la paranaphtaline traitée par l'acide nitrique donne un produit susceptible d'être sublimé sans décomposition.

Résumé.

Il suit de tout ce qui précède :

1° Qu'au moment où de la résine tombe dans un cylindre chauffé au rouge vif, comme cela se pratique dans un des procédés pour la fabrication du gaz d'éclairage, il se forme, concurremment avec ce gaz, de l'acide carbonique et de l'acide acétique, un grand nombre de produits très hydrogénés que nous sommes parvenus à isoler par l'application des moyens que fournit la chimie analytique ;

2° Que parmi ces substances on doit remarquer *trois carbures d'hydrogène nouveaux*, que nous avons fait connaître sous les noms de *rétinnaphte*, de *rétinnyle* et de *rétinole ;* et deux *carbures d'hydrogène solides*, la naphtaline déjà connue et la métanaphtaline substance nouvelle ;

3° Que le rétinnaphte est un liquide très léger, volatil, dont la composition, déterminée par l'analyse, peut être représentée par $C^{28} H^{16}$; que par là il est au moins isomère d'un hydrogène carboné encore hypothétique, qui paraît jouer un grand rôle dans les composés benzoïques, s'il n'est cet hydrogène ; que lui-même donne lieu

à une série de composés nouveaux dont plusieurs sont décrits dans ce mémoire ;

4° Que le rétinnyle est un nouveau sesquicarbure d'hydrogène qu'on peut représenter par la formule $C^9 H^6$ ou ($C^{36} H^{24}$), susceptible aussi de se transformer par l'action du chlore, du brôme, de l'acide nitrique, etc., en composés qui offrent aussi une série de combinaisons nouvelles ;

5° Que le rétinole est un nouveau bicarbure d'hydrogène de la formule $C^{16} H^8$ ou ($C^{64} H^{32}$), différent du bicarbure d'hydrogène $C^6 H^3$ de M. Faraday et par sa constitution et par ses propriétés chimiques ;

6° Que la métanaphtaline est une substance nouvelle différente de la naphtaline par ses propriétés ; mais isomère avec elle quant à sa composition ; substance remarquable par son éclat, sa beauté, son indifférence chimique ; propriété qui la rapproche de la paraffine, dont cependant elle diffère totalement par ses propriétés physiques et sa composition.

Dans ce mémoire, nous avons fait connaître la nature, les propriétés et la composition des substances qui résultent d'une chaleur rouge appliquée rapidement et pour ainsi dire instantanément à la résine. Dans un second, nous nous proposons d'examiner les produits fournis par la résine à de plus basses températures.

Revenant sur celui-ci, nous examinerons l'action de la chaleur plus ou moins vive appliquée à nos produits, en recherchant s'ils passent les uns dans les autres. Nous pourrons par là apporter des faits qui serviront plus tard à établir la théorie des *produits pyrogénés*, théorie qui dans les derniers temps a fait de si grands progrès par

suite des recherches de deux de nos plus habiles chimistes ; mais que, nous le croyons, on s'est trop hâté de présenter comme définitivement arrêtée.

Lettre de M. Berzélius *à* M. Pelouze.

La chimie nous a fourni bien des matières d'entretien depuis ma dernière lettre. Vous me permettrez d'en profiter dans celle-ci. La proclamation scientifique du 23 octobre de l'année passée, publiée par MM. Liebig et Dumas, m'a causé une vive satisfaction. Les idées théoriques qu'elle développe d'une manière si claire, si précise et si élégante, m'ont fait d'autant plus de plaisir qu'elles sont entièrement conformes à ma manière de voir. Je regrette qu'il s'y soit glissé une légère erreur de rédaction, en ce que M. Dumas y dit avoir depuis dix ans travaillé dans l'esprit de cette théorie, lorsque toutes les personnes qui ont suivi les annales de la science ont pu admirer la sagacité avec laquelle il a tâché, justement pendant ces dix dernières années, d'en combattre plusieurs points principaux. Encore dans la séance de l'Académie du 3 avril de l'année passée, il tâcha de nous rendre probable que le camphre devait être considéré comme une combinaison de carbure d'hydrogène avec de l'eau, tout aussi bien que l'alcool. Malgré cela, je lui sais gré de tout mon cœur, d'employer dorénavant ses talens pour développer et éclairer des vues théoriques

que je considère comme plus saines, et par lesquelles la science gagnera infiniment plus.

Je remarque cependant, non sans regret, que le premier travail commun de l'illustre compagnie chimique est tout de suite rétrograde en dérogeant aux principes si bien établis dans le programme du 23 octobre. Je veux parler de l'explication donnée à la déperdition d'eau que subissent quelques sels à acides organiques à une température élevée, et laquelle ces sels peuvent reprendre. C'est précisément la même explication que vous avez donnée de la perte de l'eau dans les citrates, en me communiquant dans votre avant-dernière lettre quelques résultats de vos recherches sur l'acide citrique. Vous me pardonnerez bien si je vous avoue franchement que je ne saurais point l'admettre. Voici sur quoi je me fonde : lorsque nous voulons déterminer le poids d'un atome organique, nous tâchons de le combiner atome pour atome avec une substance inorganique d'un poids atomique connu. C'est notre fil conducteur universel. Si l'atome de l'acide citrique, d'après votre supposition, était en effet composé de $C^{12} H^{10} O^{11}$, il se combinerait à coup sûr avec un atome de potasse, de soude, etc. Mais l'expérience prouve qu'il en faut non moins de trois atomes pour le neutraliser. Qu'est-ce que cela prouve, sinon qu'une supposition qui rend l'atome citrique aussi lourd, et qui, en même temps, fait une exception aux règles générales, doit être rejetée? Si nous laissons de côté notre fil conducteur toutes les fois que nous ne voyons point d'avance où il nous mène, nous nous égarerons assurément. Comment expliquerez-vous, dans l'hypothèse précitée, la composition du citrate éthylique (éther

citrique)? Ne faudrait-il pas y admettre trois atomes d'oxide éthylique avec un atome d'eau? Vous savez cependant que l'eau ne fait jamais partie des combinaisons éthyliques neutres.

Quant à l'explication que donnent MM. Dumas et Liebig, du même phénomène chez quelques autres sels, et nommément chez le tartrate antimonio-potassique, elle est selon moi encore moins admissible. L'acide tartrique serait composé d'hydrogène et d'un corps halogène composé qui, au lieu de se combiner avec deux atomes, c'est-à-dire un équivalent chimique d'hydrogène, n'en demande pas moins de quatre équivalens, et qui, pour donner un sel neutre avec du potassium, demande, non pas quatre atomes de ce métal, mais bien deux atomes de potassium et deux équivalens d'hydrogène. Où est cette simplicité de vues, cette conformité aux lois qui président aux combinaisons inorganiques, sur lesquelles s'appuie avec si grande raison le programme du 23 octobre? Je crains en vérité que l'auteur de cette hypothèse n'ait été que trop nouvellement converti aux vues simples du programme, pour être bien garanti contre des rechutes dans ses anciennes opinions.

Ce phénomène appartient à un nouvel ordre, qu'il faut peut-être plus long-temps étudier pour en avoir une explication satisfaisante; mais cela ne nous empêchera pas de rejeter celles qui sont mauvaises. Lorsque la véritable vient, nous la connaissons tous, et nous n'en disputons plus. Tout en avouant que je ne puis pas expliquer ce phénomène d'une manière qui me satisfasse entièrement, je vous invite cependant à faire avec moi une excursion pour chercher la véritable explication, au risque

qu'elle nous échappe. Nous prendrons pour point de départ une excellente recherche que vous avez faite en commun avec M. Jules Gay-Lussac, celle de la composition de l'acide lactique.

Vous avez constaté :

1° Que l'acide lactique hydraté est $= C^6 H^{12} O^6$;

2° Que l'acide des lactates est $= C^6 H^{10} O^5$;

3° Que l'acide hydraté exposé à la distillation se décompose en deux atomes d'eau et en un corps sublimé $= C^6 H^8 O^4$.

Vous en avez conclu que le corps sublimé est le véritable acide lactique, et que les lactates peuvent retenir, même à la température de $+ 245°$, un atome d'eau. Tireriez-vous la même conclusion aujourd'hui ? Je crois que non, puisqu'elle serait en contradiction avec la force ordinaire de l'affinité de l'eau. Il n'y a que les plus puissantes bases, les alcalis fixes, la baryte et la strontiane, qui la retiennent à cette température ; les sels neutres la laissent échapper à des températures moitié moins élevées. Le véritable acide lactique est donc $C^6 H^{10} O^5$, ou plutôt $2C^3 H^5 + 5O$. L'acide hydraté contient donc, comme les acides hydratés en général, un atome d'eau, échangeable contre un atome de base. Vous pouvez fort facilement mettre cette question hors de toute incertitude, en produisant et analysant l'éther lactique ou le lactate de méthylène.

Mais qu'est-ce donc que le corps sublimé ? Vous avez vous-même constaté qu'il n'est point un acide, qu'il ne se dissout point dans l'eau, pourvu qu'il n'en ait pas d'avance subi un changement, mais qu'il se dissout dans l'alcool, et reparaît non altéré par la cristallisation. C'est donc un oxide organique indifférent, comme bien d'au-

tres, composé de $C^3\ H^4 + 2O$. Vous retrouvez ce même radical dans l'acide mucique et dans son isomère l'acide saccharique (l'acide malique artificiel, oxalhydrique de Guérin). Ces acides sont composés, comme vous le savez, de $2C^3\ H^4 + 7O$, tout comme l'acide oxymanganique l'est de $2Mn + 7O$; il est donc à ces acides dans le même rapport que l'hyperoxide manganique à l'acide oxymanganique, tout comme, d'un autre côté, le benzoïle est à l'acide benzoïque : : $\ddot{M}n : \dddot{M}n$.

Vous avez découvert que cet hyperoxide organique a la curieuse propriété de se changer par un contact prolongé de l'eau, surtout à l'aide de la chaleur, en acide lactique hydraté, en s'unissant avec deux atomes d'eau, dont vous avez pu chasser l'un par une base quelconque, mais dont il a retenu l'autre. Deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxigène se sont donc combinés avec lui, non comme de l'eau, mais comme une addition d'atomes élémentaires. Il en est résulté un autre radical et un acide puissant de ce radical. Voilà des conséquences auxquelles vous auriez été d'abord conduit vous-même, si vous n'eussiez pas alors évalué trop haut la force de l'affinité de l'eau pour les sels neutres. Voilà donc l'exemple d'une substance qui, par l'influence de l'eau, sans intervention d'une force médiatrice, se change en une autre, en s'appropriant les élémens de l'eau. Nous en possédons, comme vous le savez, d'autres exemples en grand nombre : par exemple, les sels ammoniacaux qui se changent en sels ammoniaques; le gaz oléfiant combiné avec l'acide sulfurique anhydre, qui se change en oxide éthylique ou en un corps isomère à ce dernier; l'oxide éthylique, qui se change en alcool; l'acide cyanique, qui se

change en acide cyanurique ; l'amidon, en sucre de raisin ; l'oxide carbonique (dans le chloral) qui, avec l'eau d'une base hydratée, se change en acide formique, etc. Mais parmi ces exemples, il n'y a aucun cas où toute influence étrangère serait écartée au même degré que dans le premier.

Nous savons qu'il y a de nombreuses substances qui, à une température élevée, sans se détruire entièrement, laissent dégager de l'hydrogène et de l'oxigène en proportions propres à produire de l'eau ; nous avons vu tout à l'heure qu'il y en a d'autres en bien moins grand nombre, qui jouissent de la propriété de se recombiner avec l'hydrogène et l'oxigène perdus, lorsqu'elles viennent en contact avec de l'eau. Pourquoi donc chercher l'explication de ces phénomènes dans des hypothèses étranges, mal conformes aux lois qui dirigent les combinaisons chimiques ? Un tartrate neutre et anhydre perd à + 190° un atome d'eau ; il a cessé d'être un tartrate, il est devenu un autre sel (R = Radical) = $R + C^4 H^2 O^4$, qui se dissout peut-être sans changement dans un dissolvant anhydre, mais qui, en y ajoutant de l'eau, reproduit le tartrate en s'appropriant les élémens de l'eau. Un citrate chauffé à 190° perd de l'eau et se change en un sel double de $2RC^4 H^4 O^4 + RC^4 H^2 O^3$. L'eau change l'acide du dernier terme en acide citrique et le tout redevient un citrate. L'acide citrique exposé à une chaleur modérée devient brun, extractiforme, prend un goût amer, et dépose, en se refroidissant, des grains cristallins d'un acide que M. Dahlstrom a analysé, et qui est en effet $C^4 H^2 O^3$, isomère à vos acides pyromaliques. Cet acide n'a pas été assez bien étudié pour que je puisse vous dire s'il y a des

circonstances où il se change en acide citrique ; mais la chose est très probable. Il est évident que son étude particulière pourrait mettre l'explication donnée ci-dessus hors de toute incertitude.

Si vous n'approuvez point ces vues, du moins vous m'avouerez qu'elles ne dépassent point les bornes d'une grande probabilité.

Puisque nous sommes une fois sur le terrain théorique, vous me permettrez de vous entretenir de quelques autres points de la théorie de la composition organique.

La théorie des substitutions établie par M. Dumas, dans laquelle, par exemple, le chlore peut échanger l'hydrogène, en se mettant, à nombre égal d'atomes, à sa place, m'a paru d'une influence nuisible aux progrès de la science ; elle jette un faux jour sur les objets et empêche d'en distinguer les véritables formes. Je regrette que notre ami commun, M. Malaguti, s'en soit laissé préoccuper dans ses belles recherches sur l'action réciproque du chlore et de différentes espèces d'éther, dont vous m'avez fait part dans une de vos lettres. J'ai ensuite eu l'occasion de lire un extrait de ses mémoires dans le journal intitulé *l'Institut*. Il a produit par l'action du chlore sur l'éther ordinaire une combinaison fort intéressante, et dont il a fait, conformément à la théorie des substitutions, un éther, dans lequel 4 atomes de chlore remplacent 4 atomes d'hydrogène. Un élément aussi éminemment électro-négatif que le chlore ne saurait jamais entrer dans un radical organique : cette idée est contraire aux premiers principes de la chimie ; sa nature électro-négative et ses affinités puissantes feront qu'il ne pourra s'y trouver que comme élément

d'une combinaison qui lui soit particulière. Dans l'éther chloroxicarbonique de M. Dumas, il est contenu sous la forme d'oxichlorure de carbone, et cet éther est composé d'un atome d'éther carbonique et de 2 atomes d'oxichlorure de carbone ; mais cette forme n'est pas la seule sous laquelle il se trouve dans des combinaisons éthérées. Nous en connaissons encore d'autres, par exemple, l'hyperchloride formique, ou le chloroforme de M. Dumas. Je vais vous rendre probable qu'il peut y entrer encore comme chloride carbonique, $C\,Cl^2$; vous vous rappelez que ce chloride est tellement congénère aux éthers, qu'il serait impossible de l'en distinguer, excepté par l'analyse, si on le rencontrait sans connaître ce qu'il est. Si ce corps éthéré se combine avec les éthers, comme fait l'oxichlorure de carbone, ce qui est d'une grande probabilité, l'explication des combinaisons découvertes par M. Malaguti devient d'une simplicité étonnante. L'éther représenté par $C^4\,H^6\,Cl^4\,O$, se change alors en

1 at.	d'oxide méthylique....	$= 2C + 6H + O$
2	de chloride carbonique.	$= 2C \qquad\qquad + 4Cl$
1	du corps éthéré.......	$= 4C + 6H + O + 4Cl$

En traitant les éthers benzoïque, camphorique et œnanthique par du chlore, il a produit des benzoate, camphorate et œnanthate méthyliques, combinés chacun avec 2 atomes de chloride carbonique. En traitant l'éther pyromucique par du chlore, la théorie des substitutions a été en défaut, en ce que le chlore y est entré sans rien substituer. L'intéressante combinaison qui en résulta aurait dû avoir été examinée d'un peu plus près, surtout

quant à la nature du précipité caillebotté que les alcalis y produisent. Cependant, le résultat de l'analyse s'accorde parfaitement avec la composition suivante :

1 at.	d'acide pyruvique...	=	$6C + 6H + 5O$
1	d'oxide éthylique ...	=	$4C + 10H + O$
4	de chloride carboniq.	=	$4C + 8Cl$
1	de l'éther composé..	=	$14C + 16H + 6O + 8Cl$

C'est là le nombre d'atomes que M. Malaguti lui-même a calculé d'après son analyse. Ici, comme dans la précédente, l'oxide organique et le chloride carbonique contiennent le même nombre d'atomes de carbone.

L'ammoniaque décompose cet éther avec dégagement de gaz (azote), en produisant du chlorhydrate d'ammoniaque et en précipitant du carbone; c'est ce qui doit arriver lorsque l'ammoniaque s'empare du chlore du chloride carbonique. (L'oxichlorure de carbone aurait produit du carbonate d'ammoniaque.) En le traitant par l'hydrate de potasse, l'oxide éthylique reproduit de l'alcool, et la potasse se combine avec un acide qui n'est plus l'acide pyromucique, et dont le sel potassique bouilli avec un excès de l'hydrate, se décompose et brunit : c'est là le caractère bien marqué du pyruvate potassique. La production de cet éther composé s'explique d'une manière fort simple. L'acide pyromucique, auquel je reviendrai encore une fois, est $10C + 6H + 5O$. Le chlore se combine avec 4 atomes de carbone et le convertit en acide pyruvique; il en résulte de l'éther pyromucique, qui reste combiné avec le chloride carbonique produit. Ces vues si simples, et probablement fondées,

se seraient offertes à M. Malaguti, s'il n'avait pas été préoccupé par la fatale théorie des substitutions. Je vous prie de soumettre ces idées au jugement de M. Malaguti.

Mais voici encore quelques autres exemples de l'influence de la théorie des substitutions : M. Laurent, dont je révère le rare talent pour les recherches, mais qui par sa manière compliquée et bizarre de les juger en diminue beaucoup la valeur, nous en fournira un exemple des plus saillans. M. Laurent fit passer du chlore dans de l'acétate méthylique, et en retira un liquide éthéré, dont la composition était $C^6 H^6 O^4 Cl^6$; vous y reconnaissez tout de suite le radical formique partagé entre du chlore et de l'oxigène, un oxichlorure de formyle. M. Laurent l'appelle chloryle, et le considère comme composé de $C^4 H^2 Cl^4 O^3 + C^4 H^2 Cl^2 + H^2 O$. Nous y reviendrons.

Le chloryle traité par l'hydrate de potasse donne naissance à une autre combinaison, dont M. Laurent trouva la composition $C^2 H^2 Cl^2$. Qui ne verrait là tout de suite le chlorure formique, composé de 1 atome de formyle et de 2 atomes, ou un équivalent, de chlore? M. Laurent en fait un radical organique, et l'appelle radical chloromithyglase.

L'existence de ce chlorure donne tout de suite la clef de la composition du chloral, qui contient

1 at.	de chlorure formique..	$= 2C + 2H + 2Cl$
2	d'oxichlorure de carb..	$= 2C \quad 4Cl + 2O$
1	de chloral...........	$= 4C + 2H + 6Cl + 2O$

L'hydrate de potasse, en se combinant avec l'oxide

carbonique, donne du formiate potassique et dégage le formyle combiné avec les 6 atomes de chlore, sous forme d'hyperchloride formique ou chloroforme.

Le chloryle de M. Laurent paraît être composé de

1 at.	d'hyperchloride formiq.	$= 2C + 2H + 6Cl$
2	d'acide formieux anhyd.	$= 4C + 4H \qquad + 4O$
1	d'oxichlor. de formyle.	$= 6C + 6H + 6Cl + 4O$

L'hydrate de potasse le résout en 2 atomes de chlorure de potassium, 2 atomes de formiate de potasse et 1 at. de chlorure formique.

En traitant la liqueur des Hollandais par du chlore, M. Laurent en a retiré un liquide composé de $C^4 H^4 Cl^8$, qu'il considère comme composé de $C^4 H^2 Cl^6 + H^2 Cl^2$, et qu'il appelle hydrochlorate de chloréthérise. Écrivez $C^2 H^2 + 4Cl$, et vous aurez le chlorure de formyle, correspondant à l'acide formieux ou l'hyperchlorure formique. M. Laurent nous a donc enrichis de deux nouveaux chlorures de formyle, sans s'en apercevoir. M. Laurent remarqua que lorsqu'il traita l'hyperchlorure par de l'hydrate potassique sec, il s'en dégagea une substance volatile, douée d'une odeur aussi pénétrante que celle du gaz ammoniaque. Lorsqu'on décompose 2 atomes de l'hyperchlorure formique avec de l'hydrate potassique, il en résulte 4 atomes de chlorure de potassium, 1 atome de formiate de potasse, et 1 atome $C^2 H^2 + O$, ou oxide formique. Si, comme cela est très vraisemblable, cet oxide peut, comme l'oxide acétique, s'approprier les élémens d'un atome de l'eau, pour produire un aldéhyde formique composé de $C^2 H^4 O^2$, analogue à l'aldéhyde acéti-

que, c'est M. Laurent qui, le premier, l'a produit. Il a exprimé combien il a été surpris par l'odeur irritante de cette substance. Croyez-vous que tous ces rapports auraient échappé à la sagacité de M. Laurent, si la malheureuse théorie des substitutions ne les avait pas dérobés à sa vue? Je suis persuadé que non. — Dans mes rapports annuels à l'Académie des sciences de Stockholm, j'ai cité une foule d'exemples pareils.

Je vous prie de soumettre au jugement de votre ami M. Frémy les observations suivantes relatives à ses belles recherches sur les acides gras, que l'acide sulfurique sépare de la glycérine dans l'huile d'olive. Vous savez qu'il y a découvert non moins de cinq acides gras nouveaux, dont deux liquides et trois cristallisés. Son hypothèse que les trois derniers acides se dérivent de l'acide margarique, en ce qu'un de ces acides lui est isomère et les deux autres sont produits par l'addition des élémens d'un et de deux atomes d'eau, est très ingénieuse; mais elle ne s'accorde pas aussi bien qu'on aurait pu le souhaiter avec les résultats analytiques. Et encore des formules telles que $C^{35} H^{64}$, $C^{35} H^{69}$, $C^{35} H^{71}$, portent déjà dans le nombre impair des atomes de l'hydrogène un motif de douter de leur entière exactitude. Les nombres impairs, quoiqu'ils existent lorsque le nombre des atomes élémentaires est très limité et que l'équivalent du radical qui en résulte est composé de 2 atomes, comme, par exemple, dans les acides lactique et mucique; ces nombres impairs, dis-je, ne doivent jamais être admis lorsque le nombre d'atomes élémentaires est grand, parce que, comme vous le savez, l'équivalent chimique de l'hydrogène est de 2 atomes.

On paraît avoir admis une conjecture de moi, que

les acides margarique et stéarique puissent être de différens degrés d'acidification du même radical. Cette conjecture peut être vraie, sans cependant qu'on ait une connaissance précise du nombre des atomes d'hydrogène dans ce radical. L'analyse de l'acide margarique par M. Chevreul, la seule que je connaisse de cet acide, donnerait pour la composition du radical tout au plus $C^{35} H^{64}$. Vous m'objecterez peut-être que les nombreuses analyses que vous avez faites en commun avec M. Liebig, du bistéarate glycérique, prouvent bien que l'acide stéarique est $= 2C^{35} H^{68} + 5O$. Mais, non, ces analyses prouvent, si vous le voulez, que le radical stéarique est $C^{35} H^{68}$ ou même $C^{36} H^{70}$; car le calcul $C^{35} H^{67}$ donne 12,18 p. c. d'hydrogène, et les analyses varient de 12,25 à 12,37. Il est donc évident que nous ne sommes point encore arrivés à un résultat clair. Les analyses des éthers margarique et stéarique ou des margarate ou stéarate de méthylène nous mettraient sans doute hors de l'incertitude. — Or, si l'acide margarique n'a pas la composition que nous lui assignons, l'ingénieuse hypothèse de M. Frémy n'explique rien. Il y a encore la question suivante à résoudre. Quel est l'acide primitif de l'huile? Est-ce celui que l'acide sulfurique dégage en s'emparant de la glycérine, ou celui dont l'alcali s'empare en mettant la glycérine en liberté.

Les résultats analytiques de M. Frémy, de ces trois acides gras cristallisés, s'accordent admirablement avec l'idée que ces trois acides sont des degrés successifs d'oxidation du même radical $C^{35} H^{70}$. En voici l'exposition :

	Acide métamargarique.			Acide hydromargarit.		Hydraté.	Acide hydromargaritique.		
	trouvé.	at.	calculé.	trouvé.	at.	calculé.	trouvé.	at.	calculé.
Carbone. .	78,6	35	78,407	73,82	35	73,808	73,701	35	74,063
Hydrogène	12,9	70	12,801	12,46	72	12,395	12,20	70	12,[illegible]
Oxigène. .	8,5	3	8,792	13,72	5	12,797	14,07	5	13,843

En jetant les yeux sur les nombres calculés d'après l'hypothèse de M. Frémy (*Annales de chimie et de physique,* tome LXV, pag. 113), vous verrez qu'ils s'écartent beaucoup plus des résultats trouvés. Ces acides peuvent donc réellement être composés de $C^{35} H^{70}$, avec 3, 4 et 5 atomes d'oxigène. — Les deux acides métaoléique et hydroléique sont isomères, comme le prouve le résultat identique de leur distillation. Dans l'analyse de l'acide métaoléique il y a un excès de 0,9 pour 100 d'hydrogène, qui n'est probablement qu'une erreur de rédaction, car comme erreur d'observation elle serait excessive.

Le nombre constant de 35C dans les radicaux des acides gras mérite bien de l'attention. Je crois qu'il serait très utile à la science de comparer les radicaux des oxides organiques entre eux, pour en avoir des séries où le nombre de carbone soit constant. Nous devons en vérité un tel essai à M. Laurent, et quoiqu'il l'ait enveloppé de substitutions bizarres et compliquées, la bonne idée y est toujours. Pour les acides gras, nous avons la série suivante :

Radical métaoléique et hydroléique = 35C + 64H
Radical élaïdique et oléique (analyses
de M. Laurent)................ = 35C + 66H
Radical margarique et stéarique..... = 35C + xH
Radical hydromargaritique, etc..... = 35C + 70H

Vous voyez de quel intérêt un tel rapprochement pourra devenir, mais aussi combien il sera nécessaire dorénavant de bien préciser l'hydrogène dans les analyses.

Voici une autre série de radicaux ; mais, pour la commencer, il faut dire quelques mots sur l'éther pyromucique analysé par M. Malaguti. Il a trouvé le poids spécifique de son gaz 4,859. Cela nous fournit un moyen de calculer la composition de l'acide par rapport au nombre d'atomes de radical qu'il contient. Cet acide doit contenir :

10 vol.	de carbone gazéiforme..	= 8,4280
6	de gaz hydrogène......	= 0,4124
5	de gaz oxigène........	= 5,5112

Condensés à deux volumes d'acide pyromucique = 14,3516, cela donnerait le poids spécifique de son gaz = 7,1758. Or,

1 vol. de gaz pyromucique.........	= 7,1758
1 vol. de gaz éthylique.............	= 2,5809
Sans condensation, produisant 2 vol. d'éther pyromucique............	= 9,7567

dont la moitié = 4,87835 est le poids spécifique de l'éther pyromucique. Ce résultat se rapproche du résultat

de l'expérience beaucoup plus que la plupart des pesées de corps gazéiformes ne le font ordinairement, et nous autorise à considérer le poids spécifique du gaz pyromucique comme bien fondé. Or, il s'ensuit que ce gaz est composé d'un volume de radical et de 2 volumes et demi d'oxigène condensés en un seul volume; d'où nous pouvons conclure que cet acide est composé de 2 atomes de radical sur 5 atomes d'oxigène, tout comme, par exemple, l'acide nitrique.

Dans les *Annales de Poggendorff*, novembre 1837, p. 434, vous trouvez une suite de calculs de cette espèce, tirée de mon rapport annuel, présenté à l'Académie de Stockholm, le 31 mars 1837. Je serais bien aise que cette note fût publiée en France, parce que les résultats qui en découlent sont d'un grand intérêt.

L'acide pyromucique étant donc $2C^8 H^8 + 5O$, nous pouvons donner la série suivante de radicaux contenant 5C, savoir :

Les radicaux pyromucique et pyroméconique	$= 5C + 3H$
Le radical pyrocitrique	$= 5C + 4H$
Le radical pyrotartrique	$= 5C + 6H$
Le radical phocénique	$= 5C + 7H$
Le radical de l'acide camphorique	$= 5C + 8H$
Le radical de l'acide valérianique	$= 5C + 9H$

Si je n'abuse pas de votre patience, je ne finirai point encore ma lettre, quoiqu'elle soit déjà assez longue. — Je voudrais fixer votre attention sur une forme de combinaison organique que la nature paraît se plaire à mul-

tiplier par des corps isomères extrêmement nombreux : c'est celle du sucre de canne.

Nous le considérons généralement comme composé de $C^{12} H^{20} O^{10}$. Ces nombres sont trop hauts pour représenter un seul oxide à base organique ; ce qui a conduit plusieurs chimistes à le considérer comme composé de plusieurs oxides réunis, par exemple, comme un bicarbonate éthylique. Cette hypothèse serait vraie, si l'hydrate de potasse le convertissait en alcool et en acide carbonique. Le sucre se combine, comme vous le savez, avec les bases, par exemple, les alcalis, les terres alcalines, l'oxide de plomb ; et ces combinaisons sont composées d'un atome de la base combiné avec $C^6 H^{10} O^5$. La véritable composition du sucre paraît donc être celle-ci : $2C^3 H^5 + 5O$; il est donc un oxide organique, et son atome n'a que la moitié du poids que nous avons supposé d'abord. Or, non seulement l'acide lactique lui est isomère, mais, comme le prouvent les belles expériences de M. Payen sur la composition et la capacité de saturation de l'amidon et de la dextrine, ces deux substances lui sont isomères. Par parenthèse, j'ajouterai qu'un chimiste très exercé a répété les expériences de M. Payen, qu'il a trouvées exactes, excepté quant à la déperdition d'eau que devrait subir l'amylate plombique à + 190°, et qu'il aurait la faculté de reprendre ; jamais il n'en a pu extraire une trace d'eau qu'à la température où la distillation sèche commence, et où d'autres produits accompagnent l'eau. Je ne le nomme pas, parce que j'ignore s'il le permettrait ; il publiera probablement lui-même ses expériences. M. Mulder, à Rotterdam, vient de trouver que la gomme arabique, la gomme adragant, l'inu-

line, l'amidon de la mousse d'Islande, le salep, les mucilages de guimauve, des semences de coings, la pectine et l'acide pectique, sont tous composés de la même manière, et sont isomères avec le sucre de canne. Plus nous pénétrons dans les secrets de la composition organique, plus nous la trouvons d'une simplicité étonnante.

Dans ma dernière lettre, je vous ai rendu compte de quelques expériences sur les acides sulfonaphtaliques, qui alors n'étaient point encore terminées. Je vous en communiquerai quelques détails nouveaux. J'ai vu avec bien du plaisir que M. Regnault est tombé dans la même idée que moi, par rapport à l'état de l'acide sulfurique dans cette combinaison. Ce chimiste brille autant par ses recherches que par la clarté de ses vues, en jugeant leurs résultats. L'explication qu'il a donnée de la formation de l'acide hyposulfurique est ingénieuse, elle m'entraîna d'abord. Les analyses concordantes de MM. Faraday, Liebig et Wohler, me parurent rendre une analyse de la partie combustible dans le sel barytique superflue. Les idées émises par M. Regnault m'engagèrent à l'entreprendre. En employant environ un gramme de sel de baryte à la combustion, il était facile d'avoir l'hydrogène avec la précision requise ; car le résultat, calculé d'après $C^{20} H^{14}$, présupposé par M. Regnault, et d'après $C^{20} H^{16}$, qui est le résultat de MM. Faraday, Wohler et Liebig, donnerait près de trois centigrammes de différence dans le poids de l'eau produite. Or, une telle perte ou un tel excès surpasse toute possibilité, lorsqu'on sèche la masse à brûler à 100°, alternativement dans l'air sec et dans le vide. J'ai toujours eu le rapport du carbone à l'hydrogène : : 20C : 16H. En calculant les expériences de M. Re-

gnault, on y trouve le rapport de 20C : 15H. Cette perte est facilement explicable, si M. Regnault s'est servi d'un bouchon bien privé d'eau pour joindre le tube de combustion avec le récipient de l'eau ; car la surface du bouchon dans l'intérieur du tube, constamment en contact avec une atmosphère surchargée d'humidité, s'en charge de nouveau et la retient. Cette méthode doit être évitée lorsque le nombre des atomes de l'hydrogène est grand ; car l'erreur de l'observation peut surpasser le poids d'un ou même de plusieurs atomes d'eau. J'ai ensuite découvert une substance dont la composition rend la question principale de cette recherche, c'est-à-dire l'état de l'acide sulfurique, difficile à résoudre.

Cette substance se produit conjointement avec les acides sulfonaphtaliques, lorsqu'on traite la naphtaline tant par l'acide sulfurique hydraté, que par l'acide anhydre. Elle se combine alors avec l'excès de la naphtaline, dont on la sépare par la distillation avec de l'eau ; elle est solide, cristallisable, fusible bien au dessous de + 100°, non volatile sans destruction, soluble dans l'alcool et dans l'éther neutre. Elle est composée de $C^{20} H^{16} + SO^2$. L'acide sulfonaphtalique peut être une combinaison d'un atome de cette substance et d'un atome d'acide sulfurique, tout aussi bien que $C^{20} H^{16} + \dot{\underline{S}}$. Il est impossible de décider la question.

Lorsqu'on traite la naphtaline par l'acide sulfurique anhydre, il se produit encore une autre substance analogue, peu soluble dans l'alcool et dans l'éther, et qui n'est point fusible à 100° ; ces deux substances ont une propriété qui mérite bien l'attention des chimistes, c'est que

l'acide nitromuriatique, qui ne les décompose que difficilement, ne fait que changer lentement la composition de la substance organique, sans acidifier le soufre. Après trois jours de digestion bouillante, le tout s'est trouvé dissous. L'eau y produisit un précipité; mais dans le liquide filtré, il n'y avait pas de traces d'acide sulfurique. La substance moins fusible, mêlée avec du nitrate de baryte, subit la distillation sèche avant de détonner avec le nitrate; ce qui arrive encore, quoique en moindre degré, avec un mélange de chlorate potassique et de soude. J'ai pu déterminer qu'elle contient du soufre, mais non pas en quelle proportion. A juger d'après la perte par l'analyse avec l'oxide de cuivre, elle doit être composée de $C^{20} H^{24} + SO^{2}$; elle serait donc un sulfobenzide à deux atomes de benzide. Elle ressemble tellement à l'hydrate de benzoïle de M. Laurent, tant par ses propriétés que par les produits de la distillation sèche, que je voudrais bien engager M. Laurent à chercher du soufre dans cette combinaison qu'il a produite également par l'influence de l'acide sulfurique anhydre, mais sur l'huile d'amandes amères.

Lorsqu'on prépare l'acide sulfonaphtalique par l'acide sulfurique anhydre, et qu'on le sature ensuite par du carbonate barytique, il se produit très peu de sulfate de baryte, mais il est rose. Il contient un sel barytique d'un acide sulfonaphtalique nouveau, coloré par une substance résineuse, mais électro-négative. J'ai appelé cet acide, *acide sulfoglutinique*, parce qu'il se présente sous la forme d'une masse poisseuse, et que ses sels à base d'alcalis avec une petite quantité d'eau, sont aussi poisseux. L'acide est incristallisable, d'un goût acidule

et amer, très soluble dans l'eau, d'où l'acide muriatique le précipite sous forme de flocons blancs, qui se réunissent au fond en une masse glutineuse comme de la térébenthine ; il se dissout dans l'alcool et un peu dans l'éther. Ses sels de plomb et de baryte sont peu solubles dans l'eau froide, un peu plus dans l'eau bouillante ; ils sont fusibles au dessous de + 100°. Le sulfoglutinate potassique, traité à une température convenable avec de l'hydrate potassique, donne beaucoup de sulfate potassique. Cet acide se trouve aussi dans les eaux-mères après la cristallisation des autres sulfonaphtalates, quoique dans une très petite quantité. Je n'en ai jamais eu assez pour l'analyser.

Les combinaisons d'un carbure d'hydrogène avec le soufre et l'oxigène, dont le sulfobenzide de Mitscherlich est le premier exemple connu, m'ont engagé à faire une révision des corps gras qui contiennent du soufre, du phosphore et du nitrogène, et dont nous avons des analyses par M. Couërbe. En présupposant une combinaison de phosphore analogue à celle du soufre, et en prenant la nitrobenzide de Mitscherlich pour modèle de calcul de la combinaison azotée, j'ai été conduit à des combinaisons si simples et si concordantes avec les résultats numériques de M. Couërbe, que ce chimiste distingué en sera probablement tout aussi étonné que moi. J'ai publié ces calculs dans mon mémoire sur les acides sulfonaphtaliques ; il serait un peu trop long d'en donner les détails ici.

Pour donner suite à mes recherches sur les couleurs automnales des feuilles, j'ai entrepris un examen de la chlorophylle. Si l'on en excepte la couleur et la solubi-

lité dans l'alcool et dans l'éther, cette substance n'a aucun des caractères qu'on lui a assignés.

C'est une matière colorante végétale, dont les feuilles contiennent tout aussi peu que nos toiles teintes de matière colorante. Insoluble à 200°, où elle commence à se décomposer; insoluble dans l'eau, médiocrement soluble dans l'alcool et dans l'éther. Elle se dissout dans l'acide sulfurique concentré et dans l'acide muriatique également concentré; l'eau l'en précipite. L'acide muriatique peut être évaporé sans détruire la chlorophylle. Elle donne des combinaisons définies avec les bases, teint la laine alunée, et montre des signes non équivoques de réduction et de réoxidation. Au reste, elle est très altérable à l'air et à la lumière. — Les expériences donnent la chlorophylle en trois modifications bien distinctes.

1° Chlorophylle des feuilles fraîches, qui se distingue des autres par la belle couleur verte de ses combinaisons avec les alcalis et les bases non colorées en général. L'acide acétique la précipite en flocons translucides d'un vert d'émeraude, qui se dissolvent avec une belle couleur verte dans l'alcool et dans l'éther. Si on les sèche, ils deviennent presque noirs et leur dissolution est alors d'un vert bleuâtre. La dissolution muriatique est précipitée par de l'eau.

2° Chlorophylle des feuilles séchées. Elle se dissout par les alcalis avec une couleur vert sale des feuilles long-temps séchées. Les dissolutions dans l'alcool et l'éther sont plutôt bleues, et tirant sur le pourpre, que verdâtres. Bien saturées, elles sont presque bleues; en les étendant jusqu'à faire presque disparaître leur couleur,

le vert sale revient. L'acide muriatique la dissout avec une superbe couleur d'émeraude ; l'eau ne l'en précipite pas. Pour l'en séparer, je me suis servi du marbre, qui, à mesure que l'acide se sature, en sépare la chlorophylle. Lorsqu'on traite des feuilles sèches par de l'acide muriatique de 1,14, elles donnent une solution d'un beau vert, de laquelle on précipite la chlorophylle ; mais lorsque l'eau acide a passé, le précipité se redissout dans l'eau avec laquelle on la lave ; la dissolution contient alors cette même modification de la chlorophylle.

3° Une modification particulière, qui paraît se trouver dans des espèces de feuilles dont la couleur est plus foncée, comme cela a lieu avec les feuilles du *pyrus area*, dont je me suis servi pour ces expériences. Elle est soluble avec la précédente dans de l'acide muriatique de 1,19 ; l'eau les précipite ensemble ; l'acide muriatique de 1,14 dissout la précédente et laisse celle-ci sous forme d'une masse noire poisseuse. Desséchée, elle est noire et cassante ; elle redevient poisseuse par l'humidité de l'air. Elle est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool et l'éther, avec une belle couleur vert foncé. L'acide sulfurique la dissout avec une couleur d'un brun verdâtre, l'eau la précipite inaltérée. Les alcalis la dissolvent avec cette même couleur. Pour vous donner une idée de la différence de ces trois modifications, j'ajouterai que la première se dissout dans l'acide acétique bouillant avec une couleur vert-pomme, et se précipite avec cette couleur par le refroidissement ; la seconde s'y dissout avec une couleur bleue d'indigo et se précipite avec une couleur vert foncé presque noire ; la troisième enfin s'y dissout avec une couleur brun verdâtre et se

précipite de même. Au reste, dans leur manière de se comporter avec les réactifs chimiques, elles s'imitent l'une l'autre, comme le font, par exemple, les acides tanniques tirés de différentes espèces de végétaux.

Je regrette beaucoup que dans le grand volume de solution éthérée que j'avais préparé pendant l'été dernier et que j'ai analysé cet hiver, la quantité de chlorophylle de chacune de ces modifications se soit trouvée si limitée, qu'elle n'a point suffi pour des analyses par la combustion. Je suis persuadé que toutes les feuilles d'un grand arbre ne contiennent pas 10 grammes de chlorophylle, tant la nature a économisé cette substance colorante.

Les diverses nuances de vert chez les feuilles de différentes espèces sont produites non seulement par les différens états de la chlorophylle, mais aussi par la xanthophylle, dont elles contiennent une quantité considérable. J'ai cru que cette dernière se produit de la chlorophylle par l'influence de la lumière, et que les feuilles deviennent jaunes lorsque la sécrétion de la chlorophylle cesse. Mais la chlorophylle isolée, dissoute dans l'alcool, exposée aux rayons solaires jusqu'à devenir jaune, ne m'a point fourni de xanthophylle ; je n'en ai retiré qu'une substance jaune, soluble dans l'eau, et de la chlorophylle encore inaltérée.

Si vous croyez que les communications que je viens de vous donner dans cette lettre puissent être de quelque intérêt pour nos confrères de l'Académie des sciences, vous m'obligerez beaucoup en en faisant part à l'Académie, dont je suis fier d'être honoré du titre d'associé.

Lettre de M. Kuhlmann à M. Pelouze, sur la Fabrication du Sucre de Betteraves.

Vous me demandez quelques renseignemens sur l'état de mes recherches sur le sucre, et sur quelques matières qui se rapprochent, par leurs propriétés, de ce corps; ces recherches sont loin d'être arrivées au point de pouvoir devenir l'objet d'un mémoire scientifique. Pour satisfaire toutefois au désir que vous m'exprimez, je vais vous dire en peu de mots les principaux résultats auxquels je suis arrivé, en m'arrêtant surtout à ce qui est relatif à la fabrication du sucre de betteraves; c'est une question où les moindres faits peuvent acquérir une certaine importance par le grand développement que cette industrie a acquis. Dans une note insérée dans les Annales de Chimie (vol. LIV, p. 323), j'ai déjà signalé l'action de l'oxigène sur le jus de betteraves, comme la cause de la coloration, et probablement de la prompte altération du jus. Pour déterminer la fermentation du jus de betteraves, l'oxigène est aussi nécessaire que pour déterminer la fermentation du jus de raisin, ainsi que l'a démontré M. Gay-Lussac. La coloration du jus de betteraves n'a pas lieu lorsqu'il est mêlé, aussitôt après sa sortie des cellules qui le renferment, avec de la chaux. L'action de la chaux sur le sucre a déjà été l'objet de plusieurs publications. Les expériences de M. Daniell sur l'altération lente du sucre par la chaux, ont été suivies de vos observations sur la production ar-

tificielle du carbonate de chaux cristallisé ; et à cette occasion vous avez démontré que, lors de la fermentation de ce carbonate par l'exposition à l'air d'une combinaison de sucre et de chaux, le sucre reprenait ses propriétés premières ; qu'il était susceptible de se saturer de nouveau de chaux, et de donner lieu, par l'acide carbonique de l'air, à une nouvelle production de carbonate.

Après m'être assuré par moi-même que le sucre, après sa séparation de la chaux avec laquelle il avait été combiné, conservait sa propriété de cristalliser, et m'être assuré aussi que la chaux, dissoute dans le jus de betteraves, empêche l'absorption de l'oxigène, et en s'opposant à toute fermentation, permet de conserver sans altération sensible, pendant un temps assez long, le jus de figues, j'ai pensé qu'on pouvait fonder un procédé de fabrication du sucre sur cette propriété conservatrice de la chaux, loin d'avoir à craindre l'influence de cet agent dans le travail de l'extraction du sucre de betteraves. Il me semblait rationnel de penser qu'en général les acides organiques, lorsqu'ils sont combinés avec les bases, présentant plus de stabilité que lorsqu'ils sont isolés, l'on pouvait espérer de faire subir au sucre de betteraves, sans l'altérer, une grande partie des traitemens qui sont nécessaires pour son extraction, alors qu'il est encore dans un état de combinaison avec la chaux. J'espérais par ce moyen obtenir un travail plus facile, et faire une économie considérable de noir animal. J'ajoutai un peu de chaux éteinte à du jus de betteraves dès son extraction, pour éviter sa coloration ; je procédai à la dessiccation par les procédés ordinaires, et ensuite, au

lieu de chercher à priver le sucre de la chaux qui y reste combinée, je fis bouillir le jus avec une nouvelle quantité de chaux, pour le saturer de cet alcali autant que possible. C'est dans cet état de combinaison que je fis concentrer le jus de betteraves jusqu'à un tiers de son volume primitif. J'eus ensuite recours à un courant d'acide carbonique pour séparer la chaux, et après la précipitation du carbonate de chaux, j'amenai le jus par la concentration jusqu'au point de cuite sans addition d'aucun agent étranger. J'obtins un sirop peu coloré qui, après deux jours de repos, me donna une assez grande quantité de cristaux de sucre, pour espérer de tirer un jour parti de ce mode de travail. Je n'avais opéré que sur quatre litres de liquide, et en agissant sur une même quantité de jus de betteraves par les procédés ordinaires, les résultats n'étaient pas aussi beaux, malgré l'emploi du noir animal.

J'ai répété mes essais sans opérer la défécation, en faisant de suite bouillir le jus de betteraves avec un excès de chaux, un et demi pour cent de la quantité de jus. Le dépôt produit par la défécation n'eut pas lieu d'une manière si complète, une partie de l'albumine végétale resta en dissolution, à la faveur de la chaux, mais cette matière se précipita ensuite en même temps que le carbonate de chaux, en soumettant le liquide à un courant d'acide carbonique. Les résultats de la cuite furent les mêmes que précédemment. Je m'aperçus que l'acide carbonique ne séparait pas complétement la chaux, et qu'en agissant à froid on était exposé à voir une partie de la chaux se réduisant dans l'excès d'acide carbonique; je fis toutes mes précipitations à une température modérée, et par

surcroît de précaution j'ajoutai au liquide, après la précipitation, un peu de carbonate d'ammoniaque. Il y eut de l'amélioration dans les résultats ; mais ce qui me réussit le mieux, tant pour la séparation des dernières parties de chaux que pour amener le sirop à un état de décoloration convenable, ce fut, après la séparation du carbonate de chaux, de faire subir au liquide une clarification avec du noir animal en poudre. L'action alcaline du noir animal tend à la séparation complète de la chaux. J'ai émis, dès 1833, l'opinion que le charbon animal agissait dans la fabrication du sucre, non seulement par sa propriété décolorante, mais aussi par le carbonate d'ammoniaque qui l'imprègne, et dont la présence est nécessaire pour séparer la chaux de sa combinaison avec le sucre.

J'ai opéré par les procédés dont je viens de donner la description, à la fin du mois de mai dernier, sur des betteraves fort altérées, et qui ne pouvaient plus facilement être employées dans le travail ordinaire, et j'ai obtenu encore de beaux cristaux, quoique agissant sur de faibles masses. Dans une note publiée en 1833, j'ai déjà parlé de l'application de l'acide carbonique, dans le but de diminuer la consommation du noir animal, mais alors je me proposais surtout de séparer la chaux du sucre le plus promptement possible, et d'éviter toute altération du sucre par l'action de la chaleur sur le saccharate de chaux : aujourd'hui, plus rassuré sur la possibilité de cette altération, j'ai cherché, au contraire, à tirer parti de la fixité de la combinaison, pour simplifier la fabrication du sucre de betteraves ; j'ai voulu surtout faire entrevoir la possibilité de fabriquer du sucre de bette-

raves sans faire emploi de noir animal. Dès 1833, j'ai parlé des moyens pratiques à essayer pour rendre l'usage de l'acide carbonique applicable aux travaux des fabriques; aujourd'hui, plus que jamais, je crois que des essais tentés en grand pourront amener des résultats utiles à l'industrie sucrière. Toutefois, je crois devoir présenter ces observations avec une grande réserve, car je ne me dissimule pas les difficultés que l'on devra rencontrer dans l'application, et bien que rassuré par vos essais et par les miens sur la non-altération du sucre par l'action de la chaux, je n'en admets pas moins la possibilité de cette altération dans quelques circonstances, en présence des expériences de M. Becquerel et de l'observation de M. Daniell. J'ai répété l'essai de M. Daniell : une dissolution assez concentrée de saccharate de chaux fut conservée dans un flacon fermé par un bouchon de liége, pendant un an; je m'aperçus d'un léger dépôt de carbonate de chaux; la dissolution avait conservé sa liquidité; j'y ai fait passer un courant d'acide carbonique, et le tout s'est pris en une masse blanche gélatineuse demi-transparente. Je m'occupe en ce moment de savoir si le carbonate de chaux se trouve mélangé d'une matière étrangère provenant de quelque altération du sucre.

La combinaison de sucre et de chaux a lieu en proportion définie; j'opère l'isolement de cette combinaison par l'action de l'alcool peu concentré, qui dissout le sucre non combiné, et qui précipite le saccharate de sa dissolution aqueuse. La dissolution de saccharate de chaux ne laisse plus précipiter de carbonate de chaux par l'air ou l'acide carbonique, lorsqu'elle est très con-

centrée. Arrivée à l'état sirupeux, la dissolution ne donne plus de cristaux de carbonate; elle durcit peu à peu à l'air, et présente alors l'aspect de la gomme arabique; l'air chaud détruit en partie sa transparence et lui fait perdre de l'humidité.

J'ai étendu mes expériences à l'action de la chaux, de la baryte, sur la gomme, le sucre de raisin, le sucre de réglisse, la mannite; je vous dirai dans une prochaine lettre où j'en suis de ces résultats.

Lille, le 18 janvier 1838.

Sur le Sulfure de Phosphore;

Par A. Levol.

En faisant arriver au sein de l'eau, sur un sulfure de phosphore solide, à la température ordinaire, un courant de gaz sulfhydrique, on remarque qu'il ne tarde pas à éprouver un ramollissement plus ou moins considérable; si ensuite on le lave et on l'abandonne à lui-même dans l'eau pure, il reprend peu à peu l'état solide, l'eau devient acide, fortement laiteuse par un abondant dépôt de soufre, et exhale une forte odeur d'acide sulfhydrique; de plus, si au lieu d'eau on emploie une infusion de tournesol, celle-ci est décolorée; enfin, agité avec une petite quantité d'ammoniaque liquide, le sulfure reprend rapidement son premier état, et l'alcali se colore en jaune.

Ces phénomènes que je crus pouvoir attribuer à la production d'une certaine quantité de polysulfure d'hydrogène formé par l'acide sulfhydrique aux dépens d'une partie du soufre du sulfure de phosphore, me firent penser qu'il ne serait pas impossible que dans certains cas quelque chose de semblable arrivât dans la préparation de ce sulfure en présence de l'eau, qu'il décompose facilement, comme on sait, surtout à l'aide de la chaleur; et que les résultats si disparates et même contradictoires que les différens observateurs rapportent sur les propriétés physiques et particulièrement sur la fusibilité des composés de soufre et de phosphore, n'eussent d'autre cause que la présence accidentelle du polysulfure d'hydrogène.

Pour tâcher d'éclaircir ce point, j'ai fait les expériences que je vais rapporter, avec un sulfure contenant 3 parties de soufre pour 1 de phosphore; ce sulfure, de consistance pâteuse à une température de 15° environ, avait été préparé en broyant les deux corps dans un mortier de porcelaine en ajoutant de l'eau tiède : cette manière d'opérer est commode et me paraît préférable à celles que l'on indique ordinairement, tant sous le rapport de l'homogénéité du produit que pour éviter les explosions. Ainsi obtenu, le sulfure est d'un jaune citrin et demi-transparent; lorsqu'on le fond dans l'eau bouillante, il prend par le refroidissement un aspect comme grenu ou mamelonné et une certaine dureté; mais vient-on alors à le rebroyer, il reprend aussitôt l'état qu'il affectait primitivement; mis en contact, à la température ordinaire et à la lumière diffuse, avec l'eau pure ou la teinture de tournesol, pendant plusieurs jours, il

n'y produit aucun changement apparent; mais si l'on élève la température vers 80° pendant quelque temps, ou si l'on fait bouillir, l'eau se trouble et la teinture de tournesol se trouve décolorée (1), en même temps qu'une odeur hépatique se manifeste. Les mêmes effets se produisent sous l'influence des rayons solaires, mais il faut plus de temps. D'un autre côté, si l'on verse sur le sulfure de l'acide chlorhydrique étendu, puis du polysulfure, ou si l'on ajoute directement du polysulfure d'hydrogène tout préparé, il y aura liquéfaction et ordinairement coloration en jaune ou en vert, selon la quantité de polysulfure qui aura été absorbée par le sulfure de phosphore; celui-ci d'ailleurs reprendra son premier état spontanément après un certain temps, ou immédiatement au moyen de l'ammoniaque, en donnant lieu aux phénomènes énoncés précédemment, mais en général d'une manière encore plus marquée.

Ces faits me paraissent appuyer suffisamment l'hypothèse que j'avais formée, et rendre très vraisemblable que parmi les combinaisons qui ont servi à la détermi-

(1) Je dis qu'elle est *décolorée* et non qu'elle est *détruite*. En effet on peut s'assurer que dans ce cas, ou en employant le polysulfure d'hydrogène lui-même, la couleur du tournesol n'est point en réalité détruite, car on peut la faire reparaître en ajoutant de l'acide nitrique ou un alcali; et elle revient même après un certain temps par la décomposition spontanée du polysulfure d'hydrogène. Je pense, d'après cela, qu'il se produit une combinaison incolore ou insoluble de ce composé avec la matière colorante du tournesol, combinaison rendue plus stable, comme le polysulfure lui-même, par certains acides, tandis que les alcalis au contraire, et plusieurs acides oxigénés, la détruisent facilement en décomposant le polysulfure qui en fait partie.

nation des points de fusion, plusieurs se trouvaient sans doute dans les conditions qui viennent d'être exposées, et conséquemment plus fusibles que ne l'auraient été des composés purs de soufre et de phosphore dans les mêmes proportions où ces deux corps avaient été réunis : j'ajouterai qu'un sulfure préparé à sec, autant que possible, a également décoloré la teinture de tournesol : ne pourrait-on pas alors attribuer le gonflement que, d'après quelques chimistes, un pareil sulfure éprouve lorsqu'on le plonge dans l'eau, à la décomposition spontanée du polysulfure d'hydrogène qui se serait formé pendant sa préparation? Il est vrai qu'il semble contraire à l'une des propriétés de ce polysulfure, celle d'une facile décomposition par la chaleur, d'admettre qu'il puisse se former là où elle est élevée; mais cette circonstance me paraît ici de peu d'importance, parce que ce corps s'engage dans une combinaison qui peut lui donner de la stabilité et non seulement la faculté de résister à une élévation de température, mais même de prendre naissance par son influence, ainsi qu'on peut le concevoir encore par exemple dans l'un des modes de préparation des polysulfures, considérés comme polysulfhydrates.

Jours.	9 heures du matin. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Midi. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	3 heures du soir. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	9 heures du soir. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Thermomètre. Maxim.	Minim.	ÉTAT DU CIEL A MIDI.	VENTS A MIDI.
1	757,46	+ 8,2		756,38	+12,3		755,27	+12,0		755,42	+ 7,1		+12,9	+ 6,1	Nuageux.	S. S. E.
2	756,09	+ 8,9		755,65	+ 8,8		754,57	+ 7,7		758,70	+ 6,2		+ 9,4	+ 4,8	Couvert.	S.
3	741,47	+ 4,0		739,77	+ 6,6		739,49	+ 9,0		739,75	+ 7,9		+ 9,3	+ 2,4	Pluie.	S.
4	735,39	+ 9,6		735,71	+14,4		736,66	+13,3		740,15	+ 9,4		+14,6	+ 7,0	Très nuageux.	S. O.
5	746,77	+10,7		749,40	+13,5		752,24	+11,8		756,47	+ 9,6		+14,5	+ 8,4	Couvert.	O. N. O.
6	755,07	+12,0		756,46	+13,2		757,31	+12,3		758,23	+ 8,0		+13,2	+ 7,8	Nuageux.	O.
7	757,86	+ 7,9		757,32	+ 9,0		756,34	+ 9,9		757,57	+ 5,6		+10,0	+ 5,0	Couvert.	O. N. O.
8	760,10	+ 6,0		760,54	+ 6,7		761,31	+ 7,0		763,83	+ 4,0		+ 3,7	+ 7,0	Couvert.	N. O.
9	764,41	+ 5,6		763,57	+ 6,6		762,66	+ 6,7		761,68	+ 4,2		+ 7,0	+ 1,4	Nuageux.	N. N. O.
10	759,31	+ 2,9		758,15	+ 6,6		756,91	+ 7,2		755,49	+ 2,6		+ 7,8	+ 0,1	Nuageux.	S. E.
11	751,85	+ 3,5		754,18	+ 6,3		750,70	+ 7,8		752,71	+ 3,7		+ 8,1	− 0,2	Serein.	S. E.
12	758,57	+ 2,6		759,23	+ 7,8		759,85	+ 8,9		763,09	+ 3,7		+ 9,6	− 0,3	Serein.	N.
13	765,50	+ 3,8		765,09	+ 8,0		764,16	+10,8		763,88	+ 8,9		+10,9	0,0	Serein.	N. N. O.
14	762,56	+10,0		761,95	+13,6		761,08	+12,5		760,00	+10,8		+13,6	+ 8,0	Couvert.	O. S. O.
15	757,10	+11,2		756,60	+12,0		755,70	+11,6		758,68	+ 7,6		+12,0	+ 9,0	Couvert.	O. S. O.
16	756,19	+ 6,5		756,20	+ 9,9		755,68	+ 9,8		753,91	+ 6,7		+ 9,9	+ 5,3	Nuageux.	N. O.
17	748,27	+ 7,8		747,43	+ 6,3		746,50	+ 4,8		746,50	+ 3,0		+ 8,0	+ 4,1	Pluie.	O.
18	748,70	+ 6,1		748,92	+ 7,6		749,02	+ 7,4		749,57	+ 5,4		+ 8,5	+ 2,9	Nuageux.	O. N. O.
19	747,15	+ 5,4		747,77	+ 8,0		748,44	+10,0		750,54	+ 8,2		+10,5	+ 2,9	Pluie.	O.
20	747,41	+10,5		746,24	+13,1		744,92	+13,0		747,32	+ 6,2		+13,9	+ 5,1	Couvert.	S. O.
21	747,56	+ 7,4		746,51	+ 9,8		745,40	+10,5		744,57	+ 6,7		+11,0	+ 2,4	Nuageux.	O.
22	745,15	+ 5,6		745,17	+ 7,6		744,52	+ 7,8		746,41	+ 6,4		+ 8,0	+ 4,4	Couvert.	O. N. O.
23	747,79	+ 4,1		748,25	+ 4,2		747,77	+ 3,6		747,97	− 0,4		+ 5,0	− 2,9	Couvert.	N. O.
24	750,63	0,0		750,68	+ 5,4		749,72	+ 6,5		750,65	+ 5,5		+ 6,9	− 4,0	Quelques nuages.	S.
25	757,91	+ 7,5		758,66	+10,4		758,65	+10,1		750,55	+ 4,6		+11,6	+ 3,0	Nuageux.	O. S. O.
26	760,85	+ 5,9		760,42	+11,2		759,67	+12,6		759,87	+ 7,7		+12,9	+ 0,2	Beau.	S.
27	763,12	+ 7,8		763,28	+12,4		763,06	+13,6		765,49	+ 7,5		+13,8	+ 3,1	Serein.	E.
28	768,39	+ 7,4		768,12	+10,8		767,90	+12,2		768,47	+ 8,9		+12,4	+ 4,0	Serein.	N. E.
29	768,51	+ 5,6		768,05	+10,5		766,92	+13,0		767,61	+ 9,6		+13,0	+ 3,8	Très nuageux.	N.
30	766,87	+ 9,4		766,34	+10,8		765,17	+12,2		765,78	+ 7,4		+12,5	+ 7,1	Beau.	N. E.
31	760,44	+ 7,8		759,38	+11,5		758,16	+ 9,6		757,55	+ 8,5		+12,1	+ 3,5	Eclaircies.	N. O.
1	749,39	+ 7,4		749,99	+ 9,8		749,50	+ 9,7		750,75	+ 6,5		+10,2	+ 5,0	Moyenne du 1er au 10.	Pluie en centimètres
2	754,31	+ 6,7		754,07	+ 9,4		753,60	+ 9,7		754,28	+ 6,6		+10,5	+ 3,7	Moyenne du 11 au 20.	Cour. 5,844
3	763,70	+ 6,2		763,48	+ 9,5		762,69	+10,1		763,29	+ 7,2		+10,8	+ 2,2	Moyenne du 21 au 31.	Terrasse . . . 5,067
	754,00	+ 6,7		753,82	+ 9,5		753,42	+ 9,8		754,29	+ 6,5		+10,5	+ 5,6	Moyennes du mois	+ 7,0

Eloge historique de Joseph Fourier;

PAR M. ARAGO.

Lu à la séance publique du 14 novembre 1833.

MESSIEURS,

Un académicien, jadis, ne différait d'un autre académicien, que par le nombre, la nature et l'éclat de ses découvertes. Leur vie, jetée en quelque sorte dans le même moule, se composait d'événemens peu dignes de remarque. Une enfance plus ou moins studieuse; des progrès tantôt lents, tantôt rapides; une vocation contrariée par des parens capricieux ou aveugles; l'insuffisance de fortune, les privations qu'elle amène à sa suite, trente ans d'un professorat pénible et d'études difficiles : tels étaient les élémens tout ordinaires dont le talent admirable des anciens secrétaires de l'Académie a su tirer ces tableaux si piquans, si spirituels, si variés, qui forment un des principaux ornemens de vos savantes collections.

Les biographes sont aujourd'hui moins à l'étroit. Les convulsions que la France a éprouvées pour sortir des langes de la routine, de la superstition et du privilége, ont jeté au milieu des orages de la vie politique, des citoyens de tous les âges, de toutes les conditions, de tous les caractères. Aussi, l'Académie des sciences a-t-elle figuré par un glorieux contingent de combattans et de

victimes, dans l'arène dévorante où, durant quarante années, le fait et le droit se sont tour à tour arraché le pouvoir.

Reportez, par exemple, vos souvenirs vers l'immortelle assemblée nationale. Vous trouverez à sa tête un modeste académicien, modèle de toutes les vertus privées, l'infortuné Bailly, qui, dans les phases diverses de sa vie politique, sut concilier l'amour passionné de la patrie avec une modération que ses plus cruels ennemis eux-mêmes ont été forcés d'admirer.

Lorsque, plus tard, l'Europe conjurée lance contre la France un million de soldats; lorsqu'il faut improviser quatorze armées, c'est l'ingénieux auteur de l'*Essai sur les machines* et de la *Géométrie de position,* qui dirige cette opération gigantesque. C'est encore Carnot, notre honorable confrère, qui préside à l'incomparable campagne de dix-sept mois, durant laquelle les Français, novices au métier des armes, gagnent huit batailles rangées, sortent victorieux de cent quarante combats, occupent cent seize places fortes, deux cent trente forts ou redoutes, enrichissent nos arsenaux de quatre mille canons, de soixante-dix mille fusils, font cent mille prisonniers, et pavoisent le dôme des Invalides de quatre-vingt-dix drapeaux. Pendant le même temps, les Chaptal, les Fourcroy, les Monge, les Berthollet, concouraient aussi à la défense de la nationalité française, les uns en arrachant à notre sol, par des prodiges d'industrie, jusqu'aux derniers atomes de salpêtre qu'il pouvait contenir; les autres, en transformant, à l'aide de méthodes nouvelles et rapides, les cloches des villes, des villages, des plus petits hameaux, en une formidable artillerie, dont

nos ennemis croyaient, dont ils devaient croire, en effet, que nous étions dépourvus. A la voix de la patrie menacée, un autre académicien, le jeune et savant Meunier, renonçait sans effort aux séduisantes occupations du laboratoire; il allait s'illustrer sous les remparts de Kœnigstein, contribuer en héros à la longue défense de Mayence, et ne recevait la mort, à quarante ans, qu'après s'être placé au premier rang d'une garnison où brillaient les Aubert-Dubayet, les Beaupuy, les Haxo, les Kléber.

Comment pourrais-je oublier ici le dernier secrétaire de l'ancienne académie? Suivez-le dans une assemblée célèbre; dans cette convention dont on pardonnerait presque le sanglant délire, en se rappelant combien elle fut glorieusement terrible aux ennemis de notre indépendance, et toujours vous voyez l'illustre Condorcet, exclusivement occupé des grands intérêts de la raison et de l'humanité. Vous l'entendez « flétrir le honteux bri- « gandage qui depuis deux siècles dépeuplait, en le cor- « rompant, le continent africain; » demander, avec les accens d'une conviction profonde, qu'on purifie nos codes de cette affreuse peine capitale qui rend l'erreur des juges à jamais irréparable; il est l'organe officiel de l'assemblée toutes les fois qu'il faut parler aux soldats, aux citoyens, aux factions, aux étrangers, un langage digne de la France; il ne ménage aucun parti, leur crie sans cesse « de s'occuper un peu moins d'eux-mêmes et « un peu plus de la chose publique; » il répond, enfin, à d'injustes reproches de faiblesse, par des actes qui lui laissent, pour toute alternative, le poison ou l'échafaud.

La révolution française jeta aussi le savant géomètre dont je dois aujourd'hui célébrer les découvertes, bien

loin de la route que le sort paraissait lui avoir tracée. Dans des temps ordinaires, c'est de *dom Joseph Fourier* que le secrétaire de l'Académie aurait dû vous entretenir; c'est la vie tranquille et retirée d'un bénédictin qu'il eût déroulée devant vous. La vie de notre confrère sera, au contraire, agitée et pleine de périls; elle se passera dans les dangereux combats du *forum*, au milieu des hasards de la guerre, en proie à tous les soucis d'une administration difficile. Cette vie, nous la trouverons étroitement enlacée aux plus grands événemens de notre époque. Hâtons-nous d'ajouter qu'elle sera toujours digne, honorable, et que les qualités personnelles du savant rehausseront l'éclat de ses découvertes.

Fourier naquit à Auxerre, le 21 mars 1768. Son père, comme celui de l'illustre géomètre Lambert, était un simple tailleur. Cette circonstance eût jadis occupé beaucoup de place dans l'éloge de notre savant confrère; grâce aux progrès des lumières, je puis en faire mention comme d'un fait sans importance : personne, en effet, ne croit aujourd'hui, personne même ne fait semblant de croire que le génie soit un privilége attaché au rang ou à la fortune.

Fourier devint orphelin à l'âge de huit ans. Une dame qui avait remarqué la gentillesse de ses manières et ses heureuses dispositions, le recommanda à l'évêque d'Auxerre. Par l'influence de ce prélat, Fourier fut admis à l'école militaire que dirigeaient alors les bénédictins de la congrégation de Saint-Maur. Il y fit ses études littéraires avec une rapidité et des succès surprenans. Plusieurs sermons, fort applaudis à Paris dans la bouche de hauts dignitaires de l'Église, étaient sortis de la plume de l'écolier de

douze ans. Il serait aujourd'hui impossible de remonter à ces premières compositions de la jeunesse de Fourier, puisqu'en divulguant le plagiat il a eu la discrétion de ne jamais nommer ceux qui en profitèrent.

Fourier avait, à treize ans, la pétulance, la vivacité bruyante de la plupart des jeunes gens de cet âge ; mais son caractère changea tout-à-coup et comme par enchantement, dès qu'il fut initié aux premières notions de mathématiques, disons mieux, dès qu'il eut senti sa véritable vocation. Les heures réglementaires de travail ne suffirent plus alors à son insatiable curiosité. Des bouts de chandelles, soigneusement recueillis dans la cuisine, les corridors et le réfectoire du collége, servaient, la nuit, dans un âtre de cheminée fermé avec un paravent, à éclairer les études solitaires par lesquelles Fourier préludait aux travaux qui, peu d'années après, devaient honorer son nom et sa patrie.

Dans une école militaire dirigée par des moines, l'esprit des élèves ne devait guère flotter qu'entre deux carrières, l'Église et l'épée. Ainsi que Descartes, Fourier voulut être soldat; comme Descartes, la vie de garnison l'eût sans doute bientôt fatigué; on ne lui permit pas d'en faire l'expérience. Sa demande à l'effet de subir l'examen de l'artillerie, quoique vivement appuyée par notre illustre confrère Legendre, fut repoussée avec un cynisme d'expressions dont vous allez être juges vous-mêmes : « Fourier, répondit le ministre, n'étant pas « noble, ne pourrait entrer dans l'artillerie, quand il « serait un second Newton ! »

Il y a, messieurs, dans l'exécution judaïque des réglemens, même lorsqu'ils sont les plus absurdes, quelque

chose de respectable que je me plais à reconnaître. En cette circonstance, rien ne pouvait affaiblir l'odieux des paroles ministérielles. Il n'est point vrai, en effet, qu'on n'entrât anciennement dans l'artillerie qu'avec des titres de noblesse : une certaine fortune suppléait souvent à des parchemins. Ainsi, ce n'était pas seulement un je ne sais quoi d'indéfinissable que, par parenthèse, nos ancêtres les Francs n'avaient pas encore inventé, qui manquait au jeune Fourier : c'était une rente de quelques centaines de livres, dont les hommes placés alors à la tête du pays auraient refusé de voir l'équivalent dans le génie d'un second Newton ! Conservons ces souvenirs, messieurs ; ils jalonnent admirablement l'immense carrière que la France a parcourue depuis quarante années. Nos neveux y verront d'ailleurs, non l'excuse, mais l'explication de quelques uns des sanglans désordres qui souillèrent notre première révolution.

Fourier, n'ayant pu ceindre l'épée, prit l'habit de bénédictin, et se rendit à l'abbaye de Saint-Benoit-sur-Loir, où il devait faire son noviciat. Il n'avait pas encore prononcé de vœux, lorsque, en 1789, de belles, de séduisantes idées sur la régénération sociale de la France s'emparèrent de tous les esprits. Aussitôt Fourier renonça à la carrière ecclésiastique, ce qui n'empêcha point ses anciens maîtres de lui confier la principale chaire de mathématiques à l'école militaire d'Auxerre, et de lui prodiguer les marques d'une vive et sincère affection. J'ose le dire, aucune circonstance, dans la vie de notre confrère, ne témoigne plus fortement de la bonté de son naturel et de l'aménité de ses manières. Il faudrait ne pas connaître le cœur humain, pour suppo-

ser que les moines de Saint-Benoit ne ressentirent point quelque dépit en se voyant si brusquement abandonnés; pour imaginer, surtout, qu'ils renoncèrent sans de vifs regrets à la gloire que l'ordre pouvait attendre du collaborateur ingénieux qui leur échappait.

Fourier répondit dignement à la confiance dont il venait d'être l'objet. Quand ses collègues étaient indisposés, le professeur titulaire de mathématiques occupait tour à tour les chaires de rhétorique, d'histoire, de philosophie, et, quel que fût l'objet de ses leçons, il répandait à pleines mains, dans un auditoire qui l'écoutait avec délices, les trésors d'une instruction variée et profonde, ornés de tout ce que la plus élégante diction pouvait leur donner d'éclat.

A la fin de 1789, Fourier se rendit à Paris et lut devant l'Académie des sciences un mémoire concernant la résolution des équations numériques de tous les degrés. Ce travail de sa première jeunesse, notre confrère ne l'a pour ainsi dire jamais perdu de vue. Il l'expliquait, à Paris, aux élèves de l'école polytechnique; il le développait sur les bords du Nil, en présence de l'Institut d'Égypte; à Grenoble, depuis 1802, c'était le sujet favori de ses entretiens avec les professeurs de l'école centrale ou de la faculté des sciences; ce mémoire, enfin, renfermait les fondemens de l'ouvrage que Fourier faisait imprimer, lorsque la mort vint le frapper.

Un sujet scientifique n'occupe pas tant de place dans la vie d'un savant du premier ordre, sans avoir de l'importance et de la difficulté. La question d'analyse algébrique dont il vient d'être fait mention et que Fourier a étudiée avec une si remarquable persévérance, n'est pas

une exception à cette règle. Elle se présente dans un grand nombre d'applications du calcul au mouvement des astres ou à la physique des corps terrestres, et, en général, dans les problèmes qui conduisent à des équations d'un degré élevé. Dès qu'il veut sortir du domaine des abstractions, le calculateur a besoin des racines de ces équations ; ainsi, l'art de les découvrir à l'aide d'une méthode uniforme, soit exactement, soit par approximation, a dû de bonne heure exciter la sollicitude des géomètres.

Un œil attentif aperçoit déjà quelques traces de leurs efforts dans les écrits des mathématiciens de l'école d'Alexandrie. Ces traces, il faut le dire, sont si légères, si imparfaites, qu'on aurait vraiment le droit de ne faire remonter la naissance de cette branche de l'analyse qu'aux excellens travaux de notre compatriote Viète. Descartes, à qui on rend une justice bien incomplète quand on se contente de dire qu'il nous apprit beaucoup en nous apprenant à douter, s'occupa aussi un moment de ce problème, et y laissa l'empreinte ineffaçable de sa main puissante. Hudde donna pour un cas particulier, mais très important, des règles auxquelles on n'a depuis rien ajouté. Rolle, de l'Académie des sciences, consacra à cette unique question sa vie tout entière. Chez nos voisins d'outre-mer, Harriot, Newton, Mac-Laurin, Stirling, Waring, je veux dire tout ce que, dans le dernier siècle, l'Angleterre produisit de géomètres illustres, en firent aussi l'objet de leurs recherches. Quelques années après, le noms de Daniel Bernouilli, d'Euler, de Fontaine, vinrent s'ajouter à tant de grands noms. Lagrange, enfin, entra à son tour dans la carrière, et, dès ses premiers pas,

il substitua aux essais imparfaits, quoique fort ingénieux, de ses prédécesseurs, une méthode complète et à l'abri de toute objection. A partir de ce moment, la dignité de la science était satisfaite ; mais, en pareille matière, il ne serait pas permis de dire avec le poète :

Le temps ne fait rien à l'affaire.

Or, si les procédés inventés par Lagrange, simples dans leur principe, applicables à tous les cas, ont théoriquement le mérite de conduire au résultat avec certitude, ils exigeraient, d'autre part, des calculs d'une longueur rebutante. Il restait donc à perfectionner la partie pratique de la question : il fallait trouver les moyens d'abréger la route, sans lui rien faire perdre de sa sûreté. Tel était le but principal des recherches de Fourier, et ce but il l'a atteint en grande partie.

Descartes avait déjà trouvé dans l'ordre suivant lequel se succèdent les signes des différens termes d'une équation numérique quelconque, le moyen de décider, par exemple, combien cette équation peut avoir de racines réelles positives. Fourier a fait plus : il a découvert une méthode pour déterminer en quel nombre les racines également positives de toute équation, peuvent se trouver comprises entre deux quantités données. Ici, certains calculs deviennent nécessaires, mais ils sont très simples, et quelque précision que l'on désire, ils conduisent sans fatigue aux solutions cherchées.

Je doute que l'on puisse citer une seule découverte scientifique de quelque importance, qui n'ait pas suscité des discussions de priorité. La nouvelle méthode de Fourier pour résoudre les équations numériques est, sous

ce rapport, largement comprise dans la loi commune. On doit, au surplus, reconnaître que le théorème qui sert de base à cette méthode a été d'abord publié par M. Budan; que, d'après une règle qu'ont solennellement sanctionnée les principales académies de l'Europe et dont les historiens des sciences ne sauraient s'écarter sans tomber dans l'arbitraire et la confusion, M. Budan doit être considéré comme inventeur. Je dirai, avec une égale assurance, qu'il serait impossible de refuser à Fourier le mérite d'être arrivé au but par ses propres efforts. Je regrette même que pour établir des droits que personne n'entendait nier, il ait jugé nécessaire de recourir à des certificats d'anciens élèves de l'école Polytechnique ou de professeurs de l'Université. Puisque notre confrère avait la modestie de croire que sa simple déclaration ne devait pas suffire, pourquoi, et cet argument eût été plein de force, ne faisait-il pas remarquer à quel point sa démonstration diffère de celle de son compétiteur ? Démonstration admirable, en effet, et tellement imprégnée des élémens intimes de la question, qu'un jeune géomètre, M. Sturm, vient d'en faire usage pour établir la vérité du beau théorème à l'aide duquel il détermine, non plus de simples limites, mais le nombre exact de racines d'une équation quelconque, qui sont comprises entre deux quantités données.

Tout à l'heure, nous avions laissé Fourier à Paris, soumettant à l'Académie des sciences le travail analytique dont je viens de donner une idée générale. De retour à Auxerre, le jeune géomètre trouva la ville, les campagnes environnantes, et même l'école à laquelle il appartenait, vivement occupées des grandes questions de dignité hu-

maine, de philosophie, de politique, qui étaient alors débattues par les orateurs des divers côtés de l'assemblée nationale. Fourier s'abandonna aussi à ce mouvement des esprits. Il embrassa avec enthousiasme les principes de la révolution et s'associa ardemment à tout ce que l'élan populaire offrait de grand, de juste, de généreux. Son patriotisme lui fit accepter les missions les plus difficiles. Disons que jamais, même au péril de sa vie, il ne transigea avec les passions basses, cupides, sanguinaires, qui surgissaient de toute part.

Membre de la société populaire d'Auxerre, Fourier y exerçait un ascendant presque irrésistible. Un jour, la Bourgogne tout entière en a conservé le souvenir, à l'occasion de la levée de 300,000 hommes, il fit vibrer si éloquemment les mots d'honneur, de patrie, de gloire; il provoqua tant d'enrôlemens volontaires, que le tirage au sort devint inutile. A la voix de l'orateur, le contingent assigné au chef-lieu de l'Yonne se forma, se réunit spontanément dans l'enceinte même de l'assemblée, et marcha sur-le-champ à la frontière. Malheureusement, ces luttes du Forum dans lesquelles s'usaient alors tant de nobles vies, étaient loin d'avoir toujours une importance réelle. De ridicules, d'absurdes, de burlesques motions, y heurtaient sans cesse les inspirations d'un patriotisme pur, sincère, éclairé. La société populaire d'Auxerre nous fournirait, au besoin, plus d'un exemple de ces désolans contrastes. Ainsi, je pourrais dire que dans la même enceinte où Fourier sut exciter les honorables sentimens que j'ai rappelés avec bonheur, il eut, une autre fois, à combattre certain orateur, peut-être bien intentionné, mais assurément mauvais astronome, lequel, voulant

échapper, disait-il, au *bon plaisir* des administrateurs municipaux, demandait que les noms de quartier du *Nord*, de l'*Est*, du *Sud* et de l'*Ouest*, fussent assignés aux diverses parties de la ville d'Auxerre, par la voie du sort.

Les lettres, les beaux-arts, les sciences, semblèrent un moment devoir ressentir aussi l'heureuse influence de la révolution française. Voyez, par exemple, avec quelle largeur d'idées fut conçue la réforme des poids et mesures; sur quelles vastes opérations on résolut de l'appuyer; quels géomètres, quels astronomes, quels physiciens éminens présidèrent à toutes les parties de ce grand travail! Hélas! d'affreux déchiremens intérieurs vinrent bientôt assombrir ce magnifique spectacle. Les sciences ne pouvaient prospérer au milieu du combat acharné des factions. Elles eussent rougi de rien devoir aux hommes de sang, dont les passions aveugles immolèrent les Saron, les Bailly, les Lavoisier.

Peu de mois après le 9 thermidor, la convention, voulant ramener le pays vers des idées d'ordre, de civilisation et de progrès intérieurs, songea à organiser l'instruction publique; mais où trouver des professeurs? Les corporations religieuses, dans lesquelles on les choisissait anciennement, étaient supprimées : elles avaient d'ailleurs émigré presque en masse. Les membres laïques du corps enseignant, devenus officiers d'artillerie, du génie ou d'état-major, combattaient aux frontières les ennemis de la France. Heureusement, dans cette époque d'exaltation intellectuelle, rien ne semblait impossible. Les professeurs manquaient, on *décréta* qu'il en serait créé sans retard, et l'*école normale* naquit. Quinze

cents citoyens de tout âge, présentés par les chefs-lieux de district, s'y trouvèrent aussitôt réunis, non pour étudier dans toutes leurs ramifications les diverses branches des connaissances humaines, mais afin d'apprendre, sous les plus grands maîtres, l'art d'enseigner.

Fourier était l'un de ces quinze cents élèves. On s'étonnera, non sans quelque raison, je l'avoue, quand je dirai qu'il fut élu à Saint-Florentin, et qu'Auxerre parut insensible à l'honneur d'être représentée à Paris par le plus illustre de ses enfans. Mais cette indifférence sera comprise; ensuite s'écroulera sans retour le laborieux échafaudage de calomniès auquel elle a servi de base, dès que je rappellerai qu'après le 9 thermidor, la capitale et surtout les départemens furent en proie à une réaction aveugle et désordonnée, comme le sont toutes les réactions politiques; que le crime (pour avoir changé de bannière il n'en était pas moins hideux) usurpa la place de la justice; que d'excellens citoyens, des patriotes purs, modérés, consciencieux, étaient journellement traqués par des bandes d'assassins à gage devant lesquelles les populations restaient muettes d'effroi. Telles sont, Messieurs, les redoutables influences qui privèrent un moment Fourier du suffrage de ses compatriotes et le travestirent en partisan de Robespierre, lui, que Saint-Just, faisant allusion à son éloquence douce et persuasive, appelait un *patriote en musique*; lui, que les décemvirs plongèrent tant de fois dans les cachots; lui, qui, au plus fort de la terreur, prêta, devant le tribunal révolutionnaire, le secours de son admirable talent à la mère du maréchal Davoust, coupable du crime, à cette époque irrémissible, d'avoir envoyé quelques sommes

d'argent à des émigrés ; lui, qui, à Tonnerre, eut l'incroyable audace d'enfermer sous clef, à l'auberge, un agent du comité de salut public dont il avait surpris le secret, et se donna ainsi le temps d'avertir un honorable citoyen qu'on allait arrêter ; lui, enfin, qui s'attaquant corps à corps au proconsul sanguinaire devant lequel tout tremblait dans l'Yonne, le fit passer pour fou et obtint sa révocation ! Voilà, Messieurs, quelques uns des actes de patriotisme, de dévoûment, d'humanité, qui signalèrent la première jeunesse de Fourier. Ils furent, vous l'avez vu, payés d'ingratitude ; mais doit-on vraiment s'en étonner ? Espérer de la reconnaissance de qui ne pourrait la manifester sans danger, ce serait méconnaître la fragilité humaine et s'exposer à de fréquens mécomptes.

Dans l'école normale de la convention, des débats succédaient de temps en temps aux leçons ordinaires. Ces jours-là, les rôles étaient intervertis : les élèves interrogeaient les professeurs. Quelques paroles prononcées par Fourier, dans une de ces curieuses et utiles séances, suffirent pour le faire remarquer. Aussi, dès qu'on sentit la nécessité de créer des maîtres de conférence, tous les yeux se portèrent-ils sur l'élève de Saint-Florentin. La précision, la lucidité, l'élégance de ses leçons, lui conquirent bientôt les applaudissemens unanimes de l'auditoire difficile et nombreux qui lui fut confié.

A l'apogée de sa gloire scientifique et littéraire, Fourier reportait encore avec prédilection ses pensées sur 1794, et sur les efforts sublimes que faisait alors la nation française pour créer un corps enseignant. S'il l'avait

ogé, le titre d'élève de l'ancienne école normale eût été sans aucun doute celui dont il se serait paré de préférence. Cette école périt, Messieurs, de froid, de misère et de faim, et non pas, quoi qu'on en ait dit, à cause de quelques vices d'organisation dont le temps et la réflexion eussent facilement fait justice. Malgré son existence si courte, elle donna aux études scientifiques une direction toute nouvelle qui a eu les plus importans résultats. En appuyant cette opinion de quelques développemens, je m'acquitterai d'une tâche que Fourier m'eût certainement imposée, s'il avait pu soupçonner qu'à de justes, qu'à d'éloquens éloges de son caractère et de ses travaux, viendraient, dans cette enceinte même et par la bouche d'un de ses successeurs, se mêler de vives critiques de sa chère école normale.

C'est à l'école normale conventionnelle qu'il faut inévitablement remonter, quand on veut trouver le premier enseignement public de la *géométrie descriptive*, cette belle création de Monge. C'est de là qu'elle est passée, presque sans modifications, à l'école Polytechnique, dans les usines, dans les manufactures, dans les plus humbles ateliers.

De l'école normale date aussi une véritable révolution dans l'étude des mathématiques pures. Alors, des démonstrations, des méthodes, des théories importantes enfouies dans les collections académiques, parurent pour la première fois devant les élèves, et les excitèrent à refondre, sur de nouvelles bases, les ouvrages destinés à l'enseignement.

A part quelques rares exceptions, les savans en possession de faire avancer les sciences, formaient jadis en

France une classe totalement distincte de celle des professeurs. En appelant les premiers géomètres, les premiers physiciens, les premiers naturalistes du monde au professorat, la convention jeta sur les fonctions enseignantes un éclat inaccoutumé, et dont nous ressentons encore les heureux effets. Aux yeux du public, un titre qu'avaient porté les Lagrange, les Laplace, les Monge, les Berthollet, devint, avec raison, l'égal des plus beaux titres. Si, sous l'empire, l'école Polytechnique compta parmi ses professeurs en exercice, des conseillers d'État, des ministres, et le président du sénat, n'en cherchez l'explication que dans l'élan donné par l'école normale.

Voyez dans les anciens grands colléges, les professeurs, cachés en quelque sorte derrière leurs cahiers, lisant en chaire, au milieu de l'indifférence et de l'inattention des élèves, des discours laborieusement préparés et qui, tous les ans, reparaissaient les mêmes. Rien de pareil n'existait à l'école normale : les leçons orales y furent seules permises. L'autorité alla même jusqu'à exiger des savans illustres chargés de l'enseignement, la promesse formelle de ne jamais réciter des leçons qu'ils auraient apprises par cœur. Depuis cette époque, la chaire est devenue une tribune d'où le professeur, identifié pour ainsi dire avec ses auditeurs, voit dans leurs regards, dans leurs gestes, dans leur contenance, tantôt le besoin de se hâter, tantôt, au contraire, la nécessité de revenir sur ses pas, de réveiller l'attention par quelque observation incidente, de revêtir d'une forme nouvelle la pensée qui, dans son premier jet, avait laissé les esprits en suspens. Et n'allez pas croire que les belles improvisations dont retentissait l'amphithéâtre de l'école normale, restassent

inconnues au public. Des sténographes, soldés par l'État, les recueillaient. Leurs feuilles, après la révision des professeurs, étaient envoyées aux quinze cents élèves, aux membres de la convention, aux consuls et agens de la république dans les pays étrangers, à tous les administrateurs des districts. A côté des habitudes parcimonieuses et mesquines de notre temps, c'était certainement de la prodigalité. Personne, toutefois, ne se rendrait l'écho de ce reproche, quelque léger qu'il paraisse, s'il m'était permis de désigner dans cette enceinte même un illustre académicien, à qui les leçons de l'école normale allèrent révéler son génie mathématique dans un obscur chef-lieu de district!

Le besoin de remettre en évidence les importans services, aujourd'hui méconnus, dont l'enseignement des sciences est redevable à la première école normale, m'a entraîné plus loin que je ne le voulais. J'espère qu'on me le pardonnera. L'exemple, en tout cas, ne sera pas contagieux. Les louanges du temps passé, vous le savez, Messieurs, ne sont plus de mode. Tout ce qui se dit, tout ce qui s'imprime, tend même à faire croire que le monde est né d'hier. Cette opinion, qui permet à chacun de s'attribuer un rôle plus ou moins brillant dans le grand drame cosmogonique, est sous la sauve-garde de trop de vanités pour avoir rien à craindre des efforts de la logique.

Nous l'avons dejà dit, les brillans succès de Fourier à l'école normale lui assignèrent une place distinguée parmi les personnes que la nature a douées au plus haut degré du talent d'enseigner. Aussi ne fut-il pas oublié par les fondateurs de l'*Ecole Polytechnique.* Attaché à ce

célèbre établissement, d'abord avec le titre de surveillant des leçons de fortification, ensuite comme chargé du cours d'analyse, Fourier y a laissé une mémoire vénérée et la réputation d'un professeur plein de clarté, de méthode, d'érudition; j'ajouterai même la réputation d'un professeur plein de grâce, car notre confrère a prouvé que ce genre de mérite peut ne pas être étranger à l'enseignement des mathématiques.

Les leçons de Fourier n'ont pas été recueillies. Le Journal de l'école Polytechnique ne renferme même qu'un seul mémoire de lui, sur le *principe des vitesses virtuelles*. Ce mémoire qui probablement avait servi de texte à une leçon, montre que le secret des grands succès du célèbre professeur consistait dans la combinaison, artistement ourdie, de vérités abstraites, d'intéressantes applications et de détails historiques peu connus, puisés, chose si rare de nos jours, aux sources originales.

Nous voici à l'époque où la paix de Léoben ramena vers la capitale les principales illustrations de nos armées. Alors les professeurs et les élèves de l'école Polytechnique eurent quelquefois l'honneur insigne de se trouver assis dans leurs amphithéâtres à côté des généraux Desaix et Bonaparte. Tout leur présageait donc une participation active aux événemens que chacun pressentait, et qui, en effet, ne se firent pas attendre.

Malgré l'état précaire de l'Europe, le directoire se décida à dégarnir le pays de ses meilleures troupes, et à les lancer dans une expédition aventureuse. Éloigner de Paris le vainqueur de l'Italie, mettre ainsi un terme aux éclatantes démonstrations populaires dont sa présence était partout l'objet, et qui, tôt ou tard, seraient deve-

nues un véritable danger, c'était tout ce que voulaient alors les cinq chefs de la république.

D'autre part, l'illustre général ne rêvait pas seulement la conquête momentanée de l'Égypte; il désirait rendre à ce pays son antique splendeur; il voulait étendre ses cultures, perfectionner ses irrigations, créer de nouvelles industries, ouvrir au commerce de nombreux débouchés, tendre une main secourable à des populations malheureuses, les arracher au joug abrutissant sous lequel elles gémissaient depuis des siècles, les doter, enfin, sans retard, de tous les bienfaits de la civilisation européenne. D'aussi grands desseins n'auraient pas pu s'accomplir avec le seul personnel d'une armée ordinaire. Il fallut faire un appel aux sciences, aux lettres, aux beaux-arts; il fallut demander le concours de quelques hommes de tête et d'expérience. Monge et Berthollet, l'un et l'autre membres de l'Institut et professeurs à l'école Polytechnique, devinrent, pour cet objet, les recruteurs du chef de l'expédition. Cette expédition, nos confrères en connaissaient-ils réellement le but? Je n'oserais pas l'affirmer; mais je sais, en tout cas, qu'il ne leur était pas permis de le divulguer. Nous allons dans un pays éloigné; nous nous embarquerons à Toulon; nous serons constamment avec vous; le général Bonaparte commandera l'armée; tel était, dans le fond et dans la forme, le cercle restreint de confidences qui leur avait été impérieusement tracé. Sur la foi de paroles aussi vagues, avec les chances d'un combat naval, avec les pontons anglais en perspective, allez aujourd'hui essayer d'enrôler un père de famille, un savant déjà connu par des travaux utiles et placé dans quelque poste honorable; un

artiste en possession de l'estime et de la confiance publiques, et je me trompe fort si vous recueillez autre chose que des refus; mais en 1798, la France sortait à peine d'une crise terrible, pendant laquelle son existence même avait été fréquemment mise en problème. Qui d'ailleurs ne s'était trouvé exposé à d'imminens dangers personnels? Qui n'avait vu de ses propres yeux des entreprises vraiment désespérées conduites à une heureuse fin? En faut-il davantage pour expliquer ce caractère aventureux, cette absence de tout souci du lendemain qui paraît avoir été un des traits les plus saillans de l'époque directoriale. Fourier accepta donc, sans hésiter, les propositions que ses collègues lui portèrent au nom du général en chef; il quitta les fonctions si recherchées de professeur à l'école Polytechnique, pour aller.... il ne savait où, pour faire..... il ne savait quoi!

Le hasard plaça Fourier pendant la traversée sur le bâtiment qui portait Kléber. L'amitié que le savant et l'homme de guerre se vouèrent dès ce moment, n'a pas été sans quelque influence sur les événemens dont l'Égypte fut le théâtre après le départ de Napoléon.

Celui qui signait ses ordres du jour : « *le membre de* « *l'Institut*, commandant en chef l'armée d'Orient, » ne pouvait manquer de placer une académie parmi les moyens de régénération de l'antique royaume des Pharaons. La vaillante armée qu'il commandait venait à peine de conquérir le Kaire dans la mémorable bataille des Pyramides, que l'*Institut d'Égypte* naquit. Quarante-huit membres, partagés en quatre sections, devaient le composer. Monge eut l'honneur d'en être le premier président. Comme à Paris, Bonaparte apparte-

nait aux sections mathématiques. La place de secrétaire perpétuel, abandonnée au libre choix de la compagnie, fut, tout d'une voix, donnée à Fourier.

Vous avez vu le célèbre géomètre remplir les mêmes fonctions à l'Académie des sciences; vous avez apprécié l'étendue de ses lumières, sa bienveillance éclairée, son inaltérable affabilité, son esprit droit et conciliant. Ajoutez par la pensée, à tant de rares qualités, l'activité que la jeunesse, que la santé, peuvent seules donner, et vous aurez recréé le secrétaire de l'Institut d'Égypte, et le portrait que je voudrais en faire pâlirait à côté du modèle.

Sur les bords du Nil, Fourier se livrait à des recherches assidues sur presque toutes les branches de connaissances que comprenait le vaste cadre de l'Institut. La *Décade* et le *Courrier de l'Égypte* font connaître les titres de ses divers travaux. J'y remarque un mémoire sur la résolution générale des équations algébriques; des recherches sur les méthodes d'élimination; la démonstration d'un nouveau théorème d'algèbre; un mémoire sur l'analyse indéterminée; des études sur la mécanique générale; un travail technique et historique sur l'aqueduc qui porte les eaux du Nil au château du Kaire; des considérations sur les Oasis; le plan de recherches statistiques à entreprendre sur l'état de l'Égypte; le programme des explorations auxquelles on devrait se livrer sur l'emplacement de l'ancienne Memphis, et dans toute l'étendue des sépultures; le tableau des révolutions et des mœurs de l'Égypte, depuis sa conquête par Sélim.

Je trouve encore dans la Décade égyptienne, que le premier jour complémentaire de l'an VI, Fourier présenta à l'Institut la description d'une machine destinée à

faciliter les irrigations et qui devait être mue par la force du vent.

Ce travail, si éloigné de la direction ordinaire des idées de notre confrère, n'a pas été imprimé. Il trouverait naturellement sa place dans un ouvrage dont l'expédition d'Égypte pourrait encore fournir le sujet, malgré les nombreuses et belles publications qu'elle a déjà fait naître : ce serait la description des fabriques d'acier, d'armes, de poudre, de drap, de machines, d'instrumens de toute espèce que notre armée eut à improviser. Si, pendant notre enfance, les expédiens que Robinson Crusoé met en œuvre pour échapper aux dangers romanesques qui viennent sans cesse l'assaillir, excitent vivement notre intérêt, comment dans l'âge mûr verrions-nous avec indifférence une poignée de Français, jetée sur les rives inhospitalières de l'Afrique, sans aucune communication possible avec la mère-patrie, forcée de combattre à la fois les élémens et de formidables armées, manquant de nourriture, de vêtemens, d'armes, de munitions, et suppléant à tout à force de génie !

La longue route que j'ai encore à parcourir me permettra à peine d'ajouter quelques mots sur les services administratifs de l'illustre géomètre. Commissaire français auprès du divan du Kaire, il était devenu l'intermédiaire officiel entre le général en chef et tout Egyptien qui pouvait avoir à se plaindre d'une attaque contre sa personne, sa propriété, ses mœurs, ses usages, sa croyance. Des formes toujours douces, de scrupuleux ménagemens pour les préjugés qu'on eût vainement combattus de front, un esprit de justice inflexible, lui avaient donné sur la population musulmane un ascen-

dant que les préceptes du Koran ne permettaient guère d'espérer, et qui servit puissamment à entretenir des relations amicales entre les habitans du Kaire et le soldat français. Fourier était surtout en vénération parmi les cheiks et les ulémas. Une seule anecdote fera comprendre que ce sentiment était commandé par la plus légitime reconnaissance.

L'*émir Hadgy*, ou prince de la caravane, que le général Bonaparte avait nommé en arrivant au Kaire, s'évada pendant la campagne de Syrie. On eut, dès lors, de très fortes raisons de croire que quatre *cheiks ulémas* s'étaient rendus complices de la trahison. De retour en Égypte, Bonaparte confia l'examen de cette grave affaire à Fourier. « Ne me proposez pas, dit-il, des demi-mesures. Vous avez à prononcer sur de grands personnages : il faut ou leur trancher la tête, ou les inviter à dîner. » Le lendemain de cet entretien, les quatre cheiks dînaient avec le général en chef. En suivant les inspirations de son cœur, Fourier ne faisait pas seulement un acte d'humanité, c'était de plus de l'excellente politique. Notre savant confrère M. Geoffroy Saint-Hilaire, de qui je tiens l'anecdote, raconte en effet que *Soleyman el Fayoumi*, le principal des chefs égyptiens, dont le supplice, grâce à notre confrère, s'était transformé si heureusement en un banquet, saisissait toutes les occasions de célébrer parmi ses compatriotes la générosité française.

Fourier ne montra pas moins d'habileté lorsque nos généraux lui donnèrent des missions diplomatiques. C'est à sa finesse, à son aménité, que notre armée fut redevable d'un traité d'alliance offensive et défensive avec *Mourad-Bey*. Justement fier du résultat, Fourier oublia de

faire connaître les détails de la négociation. On doit vivement le regretter ; car le plénipotentiaire de Mourad était une femme, cette même *Sitty Néfiçah*, que Kléber a immortalisée en proclamant *sa bienfaisance*, *son noble caractère* dans le bulletin d'Héliopolis, et qui, du reste, était déjà célèbre d'une extrémité de l'Asie à l'autre, à cause des révolutions sanglantes que sa beauté sans pareille avait suscitées parmi les mameluks.

L'incomparable victoire que Kléber remporta sur l'armée du grand vizir, n'abattit point l'énergie des janissaires qui s'étaient emparés du Kaire pendant qu'on combattait à Héliopolis. Ils se défendirent de maison en maison avec un courage héroïque. On avait à opter entre l'entière destruction de la ville et une capitulation honorable pour les assiégés. Ce dernier parti prévalut : Fourier, comme d'habitude, chargé de la négociation, la conduisit à bon port ; mais, cette fois, le traité ne fut pas discuté, convenu et signé dans l'enceinte mystérieuse d'un harem, sur de moelleux divans, à l'ombre de bosquets embaumés. Les pourparlers eurent lieu dans une maison à moitié ruinée par les boulets et par la mitraille ; au centre du quartier dont les révoltés disputaient vaillamment la possession à nos soldats, avant même qu'on eût pu convenir des bases d'une trève de quelques heures. Aussi, lorsque Fourier s'apprêtait à célébrer, suivant les coutumes orientales, la bienvenue du commissaire turc, de nombreux coups de fusil partirent de la maison en face, et une balle traversa la cafetière qu'il tenait à la main. Sans vouloir mettre en question la bravoure de personne, ne pensez-vous pas, Messieurs, que si les diplomates étaient ordinairement placés dans

des positions aussi périlleuses, le public aurait moins à se plaindre de leurs proverbiales lenteurs ?

Pour réunir en un seul faisceau les services administratifs de notre infatigable confrère, j'aurais encore à vous le montrer, sur l'escadre anglaise, au moment de la capitulation de Menou, stipulant diverses garanties en faveur des membres de l'Institut d'Égypte ; mais des services non moins importans et d'une autre nature réclament aussi notre attention. Ils nous forceront même à revenir sur nos pas, à remonter jusqu'à l'époque, de glorieuse mémoire, où Desaix achevait la conquête de la haute Égypte, autant par la sagesse, la modération et l'inflexible justice de tous ses actes, que par la rapidité et l'audace des opérations militaires. Bonaparte chargea alors deux commissions nombreuses d'aller explorer dans ces régions reculées une multitude de monumens dont les modernes soupçonnaient à peine l'existence. Fourier et Costaz furent les commandans de ces commissions ; je dis les commandans, car une force militaire assez imposante leur avait été confiée ; car c'était souvent à l'issue d'un combat avec des tribus nomades d'Arabes, que l'astronome trouvait dans le mouvement des astres les élémens d'une future carte géographique ; que le naturaliste recueillait des végétaux inconnus, déterminait la constitution géologique du sol, se livrait à des dissections pénibles ; que l'antiquaire mesurait les dimensions des édifices ; qu'il essayait de copier avec exactitude les images fantasques dont tout était couvert dans ce singulier pays, depuis les plus petits meubles, depuis les simples jouets des enfans, jusqu'à ces prodigieux palais, jusqu'à ces façades immenses à côté desquelles les

plus vastes constructions modernes attireraient à peine un regard.

Les deux commissions savantes étudièrent avec un soin scrupuleux le temple magnifique de l'ancienne *Tentyris*, et surtout les séries de signes astronomiques qui ont soulevé de nos jours de si vifs débats; les monumens remarquables de l'*Ile* mystérieuse et sacrée d'*Eléphantine*; les ruines de *Thèbes* aux cent portes, devant lesquelles (et ce n'étaient cependant que des ruines!) notre armée étonnée s'arrêta tout entière pour applaudir.

Fourier présidait encore, *dans la haute Egypte*, à ces mémorables travaux, lorsque le général en chef quitta brusquement *Alexandrie* et revint en France avec ses principaux amis. Ils se trompèrent donc ceux qui ne voyant pas notre confrère sur la frégate le *Muiron*, à côté de Monge et de Berthollet, imaginèrent que Bonaparte n'avait pas su apprécier ses éminentes qualités. Si Fourier ne fut point du voyage, c'est qu'il était à cent lieues de la Méditerranée quand le *Muiron* mit à la voile. L'explication cesse d'être piquante, mais elle est vraie. En tout cas, l'amitié de Kléber pour le secrétaire de l'Institut d'Égypte, la juste influence qu'il lui accorda dans une multitude d'occasions délicates, l'eussent amplement dédommagé d'un injuste oubli.

J'arrive, Messieurs, à l'époque, de douloureuse mémoire, où les *agas* des janissaires réfugiés en Syrie, désespérant de vaincre nos troupes, si admirablement commandées, à l'aide des armes loyales du soldat, eurent recours au stylet du lâche. Vous le savez; un jeune fanatique, dont on avait exalté l'imagination dans les mosquées, par un mois de prières et d'abstinence, frappa

d'un coup mortel le héros d'Héliopolis, au moment où, sans défiance, il écoutait avec sa bonté ordinaire le récit de prétendus griefs et promettait réparation.

Ce malheur, à jamais déplorable, plongea notre colonie dans une affliction profonde. Les Égyptiens eux-mêmes mêlèrent leurs larmes à celles des soldats français. Par une délicatesse de sentiment dont nous avons le tort de ne pas croire les mahométans capables, ils n'oublièrent point alors, ils n'ont jamais oublié depuis, de faire remarquer que l'assassin et ses trois complices n'étaient pas nés sur les bords du Nil.

L'armée, pour tromper sa douleur, désira que les funérailles de Kléber fussent célébrées avec une grande pompe. Elle voulut aussi qu'en ce jour solennel on lui retraçât la longue série d'actions éclatantes qui porteront le nom de l'illustre général jusqu'à nos derniers neveux. Par un concert unanime, cette honorable et périlleuse mission fut confiée à Fourier.

Il est bien peu d'hommes, Messieurs, qui n'aient pas vu les rêves brillans de leur jeunesse aller se briser, l'un après l'autre, contre les tristes réalités de l'âge mûr. Fourier a été une de ces rares exceptions.

Reportez-vous, en effet, par la pensée, à 1789, et cherchez ce que l'avenir pouvait promettre à l'humble néophyte de Saint-Benoit-sur-Loir. Sans doute un peu de gloire littéraire, la faveur de se faire entendre quelquefois dans les temples de la capitale, la satisfaction d'être chargé du panégyrique de tel ou tel personnage officiellement célèbre. Eh bien! neuf années se seront à peine écoulées, et vous le trouverez à la tête de l'Institut d'Égypte; et il sera l'oracle, l'idole d'une compagnie qui

comptait parmi ses membres, Bonaparte, Berthollet, Monge, Malus, Geoffroy Saint-Hilaire, Conté, etc.; et sans cesse les généraux se reposeront sur lui du soin de dénouer des difficultés en apparence insolubles; et l'armée d'Orient elle-même, si riche dans tous les genres d'illustrations, ne voudra pas d'autre interprète quand il faudra raconter les hauts faits du héros qu'elle venait de perdre.

Ce fut sur la brèche d'un bastion récemment enlevé d'assaut par nos troupes; en vue du plus majestueux des fleuves, de la magnifique vallée qu'il féconde, de l'affreux désert de Lydie, des colossales pyramides de Gizeh; ce fut en présence de vingt populations d'origines diverses que le Kaire réunit dans sa vaste enceinte; devant les plus vaillans soldats qui jamais eussent foulé une terre où cependant les noms d'Alexandre et de César retentissent encore; ce fut au milieu de tout ce qui pouvait émouvoir le cœur, agrandir les idées, exciter l'imagination, que Fourier déroula la noble vie de Kléber. L'orateur était écouté avec un religieux silence; mais bientôt, désignant du geste les soldats rangés en bataille devant lui, il s'écrie : « Ah! combien de vous eussent aspiré à « l'honneur de se jeter entre Kléber et son assassin! Je « vous prends à témoin, intrépide cavalerie qui accou- « rûtes pour le sauver sur les hauteurs de Koraïm, et « dissipâtes en un instant la multitude d'ennemis qui « l'avaient enveloppé! » A ces mots, un frémissement électrique agite l'armée tout entière; les drapeaux s'inclinent, les rangs se pressent, les armes s'entre-choquent, un long gémissement s'échappe de quelques milliers de poitrines déchirées par le sabre et par la mitraille; et la

voix de l'orateur va se perdre au milieu des sanglots.

Peu de mois après, sur le même bastion, devant les mêmes soldats, Fourier célébrait, avec non moins d'éloquence, les exploits, les vertus du général que les peuples conquis en Afrique saluèrent du nom si flatteur de *sultan juste*, et qui venait de faire à Marengo le sacrifice de sa vie, pour assurer le triomphe des armes françaises.

Fourier ne quitta l'Égypte qu'avec les derniers débris de l'armée, à la suite de la capitulation signée par Menou. De retour en France, ses premières, ses plus constantes démarches eurent pour objet l'illustration de l'expédition mémorable dont il avait été un des membres les plus actifs et les plus utiles. L'idée de rassembler en un seul faisceau les travaux si variés de tous ses confrères, lui appartient incontestablement. J'en trouve la preuve dans une lettre, encore manuscrite, qu'il écrivit à Kléber, de Thèbes, le 20 vendémiaire an VII. Aucun acte public dans lequel il soit fait mention de ce grand monument littéraire, n'est d'une date antérieure. L'institut du Kaire, en adoptant dès le mois de frimaire an VIII le projet d'un *ouvrage d'Egypte,* confiait à Fourier le soin d'en réunir les élémens épars, de les coordonner, et de rédiger l'introduction générale.

Cette introduction a été publiée sous le titre de *Préface historique*. Fontanes y voyait réunies *les grâces d'Athènes et la sagesse de l'Egypte*. Que pourrais-je ajouter à un pareil éloge ? Je dirai seulement qu'on y trouve, en quelques pages, les principaux traits du gouvernement des Pharaons, et les résultats de l'asservissement de l'antique Egypte par les rois de Perse, les Ptolémées, les successeurs d'Auguste, les empereurs de Byzance, les

premiers califes, le célèbre Saladin, les mameluks et les princes ottomans. Les diverses phases de notre aventureuse expédition y sont surtout caractérisées avec le plus grand soin. Fourier porte le scrupule jusqu'à *essayer* de prouver qu'elle fut légitime. J'ai dit seulement jusqu'à *essayer*, car, en ce point, il pourrait bien y avoir quelque chose à rabattre de la seconde partie de l'éloge de Fontanes. Si en 1797 nos compatriotes éprouvaient au Kaire ou à Alexandrie, des outrages, des extorsions que le Grand-Seigneur ne voulait ou ne savait pas réprimer, on peut, à toute rigueur, admettre que la France devait se faire justice elle-même, qu'elle avait le droit d'envoyer une puissante armée pour mettre les douaniers turcs à la raison. Mais il y a loin de là à soutenir que le divan de Constantinople aurait dû favoriser l'expédition française; que notre conquête allait, *en quelque sorte*, lui rendre l'Égypte et la Syrie; que la prise d'Alexandrie et la bataille des Pyramides *ajouteraient à l'éclat du nom ottoman!* Au surplus, le public s'est empressé d'absoudre Fourier de ce qu'il y a de hasardé dans cette petite partie de son bel ouvrage. Il en a cherché l'origine dans les exigences de la politique. Tranchons le mot, derrière certains sophismes il a cru voir la main de l'ancien général en chef de l'armée d'Orient!

Napoléon aurait donc participé par des avis, par des conseils, ou, si l'on veut, par des ordres impératifs, à la composition du discours de Fourier. Ce qui naguère n'était qu'une conjecture plausible est devenu maintenant un fait incontestable. Grâce à la complaisance de M. Champollion-Figeac, je tenais ces jours derniers dans mes mains quelques parties des premières *épreuves* de la

préface historique. Ces épreuves furent remises à l'Empereur qui voulut en prendre connaissance à tête reposée avant de les lire avec Fourier. Elles sont couvertes de notes marginales, et les additions qui en ont été la conséquence s'élèvent à près du tiers de l'étendue du discours primitif. Sur ces feuilles, comme dans l'œuvre définitive livrée au public, on remarque l'absence complète de noms propres : il n'y a d'exception que pour les trois généraux en chef. Ainsi Fourier s'était imposé *lui-même* la réserve que certaines vanités ont tant blâmée. J'ajouterai que nulle part, sur les épreuves si précieuses de M. Champollion, on n'aperçoit de traces des misérables sentimens de jalousie qu'on a prêtés à Napoléon. Il est vrai qu'en montrant du doigt le mot illustre appliqué à Kléber, l'empereur dit à notre confrère : QUELQU'UN *m'a fait remarquer* CETTE ÉPITHÈTE ; mais après une petite pause il ajouta : *Il est convenu que vous la laisserez, car elle est juste et bien méritée.* Ces paroles, Messieurs, honoraient encore moins le monarque qu'elles ne flétrissaient dans le *quelqu'un*, que je regrette de ne pouvoir désigner autrement, ces vils courtisans, dont toute la vie se passe à épier les faiblesses, les mauvaises passions de leurs maîtres, afin de s'en faire le marchepied qui doit les conduire aux honneurs et à la fortune !

A peine de retour en Europe, Fourier fut nommé (le 2 janvier 1802) préfet du département de l'Isère. L'ancien Dauphiné était alors en proie à des dissensions politiques ardentes. Les républicains, les partisans de l'émigration, ceux qui s'étaient rangés sous les bannières du gouvernement consulaire, formaient autant de castes distinctes entre lesquelles tout rapprochement semblait

impossible. Eh bien! Messieurs, l'impossible, Fourier l'opéra. Son premier soin fut de faire considérer l'hôtel de la préfecture comme un terrain neutre, où chacun pouvait se montrer sans même l'apparence d'une concession. La seule curiosité, d'abord, y mena la foule; mais la foule revint, car, en France, elle déserte rarement les salons où l'on trouve un hôte poli, bienveillant, spirituel sans fatuité et savant sans pédanterie. Ce qu'on avait divulgué des opinions de notre confrère sur l'anti-biblique ancienneté des monumens égyptiens, inspirait surtout de vives appréhensions au parti religieux; on lui apprit adroitement que le nouveau préfet comptait *un saint* dans sa famille; que le *bienheureux* Pierre Fourier, instituteur des religieuses de la congrégation de Notre-Dame, était son grand-oncle, et cette circonstance opéra un rapprochement que l'inébranlable respect du premier magistrat de Grenoble pour toutes les opinions consciencieuses cimenta chaque jour davantage.

Dès qu'il fut assuré d'une trève avec les partis politiques et religieux, Fourier put se livrer sans réserve aux devoirs de sa place. Ces devoirs, il ne les faisait pas seulement consister à entasser, sans mesure et sans profit, paperasse sur paperasse. Il prenait une connaissance personnelle des projets qui lui étaient soumis; il se faisait le promoteur infatigable de tous ceux que des préjugés cherchaient à étouffer dans leur germe. On doit ranger dans cette dernière classe la superbe route de Grenoble à Turin par le mont Genèvre, que les événemens de 1814 sont venus si malheureusement interrompre, et surtout le desséchement des marais de Bourgoin.

Ces marais, que Louis XIV avait donnés au maréchal

de Turenne, étaient un foyer d'infection pour les trente-sept communes dont ils couvraient en partie le territoire. Fourier dirigea personnellement les opérations topographiques qui établirent la possibilité du dessèchement. Ces documens à la main, il alla de village en village, je dirais presque de maison en maison, régler le sacrifice que chaque famille devait s'imposer dans l'intérêt général. A force de ménagemens, de tact, de patience, « *en prenant l'épi dans son sens et jamais à rebours*, » trente-sept conseils municipaux furent amenés à souscrire une transaction commune, sans laquelle l'opération projetée n'aurait pas même pu avoir un commencement d'exécution. Le succès couronna cette rare persévérance. De riches moissons, de gras pâturages, de nombreux troupeaux, une population forte et heureuse couvrent aujourd'hui un immense territoire, où jadis le voyageur n'osait pas s'arrêter seulement quelques heures.

Un des prédécesseurs de Fourier, dans la charge de secrétaire perpétuel de l'Académie, crut un jour devoir s'excuser d'avoir rendu un compte détaillé de certaines recherches de Leibnitz qui n'avaient point exigé de grands efforts d'intelligence : « On doit être, disait-il, « fort obligé à un homme tel que lui, quand il veut bien, « pour l'utilité publique, faire quelque chose qui ne soit « pas de génie! » Je n'ai pas à concevoir de pareils scrupules : aujourd'hui, les sciences sont envisagées de trop haut pour qu'on puisse hésiter à placer au premier rang des travaux dont elles s'honorent, ceux qui répandent l'aisance, la santé, le bonheur au sein des populations ouvrières.

En présence d'une partie de l'Académie des inscrip-

tions; dans une enceinte où le nom d'hiéroglyphe a si souvent retenti, je ne puis pas me dispenser de dire le service que Fourier rendit aux sciences en leur conservant Champollion. Le jeune professeur d'histoire de la Faculté des lettres de Grenoble vient d'atteindre vingt ans. Le sort l'appelle à prendre le mousquet. Fourier l'exempte, en s'appuyant sur le titre d'élève de l'École des langues orientales, que Champollion avait eu à Paris. Le ministère de la guerre apprend que l'élève donna jadis sa démission; il crie à la fraude et lance un ordre de départ foudroyant, qui semble même interdire l'idée d'une réclamation. Fourier, cependant, ne se décourage point; ses démarches sont habiles et pressantes; il fait, enfin, une peinture si animée du talent précoce de *son jeune ami,* qu'elle arrache au pouvoir un décret d'exemption spécial. Il n'était pas facile, Messieurs, d'obtenir de pareils succès. A la même époque, un conscrit, *membre de notre Académie,* ne parvenait à faire révoquer son ordre de départ, qu'en déclarant qu'il suivrait à pied et en costume de l'Institut, le contingent de l'arrondissement de Paris dans lequel il se trouvait classé.

Les travaux administratifs du préfet de l'Isère interrompirent à peine les méditations du littérateur et du géomètre. C'est de Grenoble que datent les principaux écrits de Fourier; c'est à Grenoble qu'il composa la *Théorie mathématique de la chaleur,* son principal titre à la reconnaissance du monde savant.

Je suis loin de m'aveugler sur la difficulté d'analyser clairement ce bel ouvrage, et, toutefois, je vais essayer de marquer un à un les pas qu'il a fait faire à la science. Vous m'écouterez, Messieurs, avec indulgence, malgré

plusieurs détails minutieusement techniques, puisque je remplis le mandat dont vous m'avez honoré.

Les peuples anciens avaient pour le merveilleux, un goût, disons mieux, une passion qui leur faisait oublier jusqu'aux devoirs sacrés de la reconnaissance. Voyez-les, par exemple, groupant en un seul faisceau les hauts faits d'un grand nombre de héros dont ils n'ont pas même daigné conserver les noms, et en doter le seul personnage d'Hercule. La suite des siècles ne nous a pas rendus plus sages. Le public, à notre époque, mêle aussi avec délices la fable à l'histoire. Dans toutes les carrières, dans celle des sciences surtout, il se complaît à créer des Hercules. Aux yeux du vulgaire, il n'est pas une découverte astronomique qui ne soit due à *Herschel*. La théorie des mouvemens planétaires est identifiée avec le nom de *Laplace* : à peine accorde-t-on un léger souvenir aux éminens travaux de d'Alembert, de Clairaut, d'Euler, de Lagrange. *Watt* est le créateur exclusif de la machine à vapeur. *Chaptal* a doté les arts chimiques de l'ensemble des procédés féconds, ingénieux, qui assurent leur prospérité. Dans cette enceinte même, une voix éloquente ne disait-elle pas naguère qu'avant Fourier le phénomène de la chaleur était à peine étudié; que le célèbre géomètre avait fait lui seul plus d'observations que tous ses devanciers ensemble; qu'inventeur d'une science nouvelle, d'un seul jet il l'avait presque achevée!

Au risque d'être beaucoup moins piquant, l'organe de l'Académie des sciences ne saurait se permettre de pareils élans d'enthousiasme. Il doit se rappeler que ces solennités n'ont pas seulement pour objet de célébrer les découvertes des académiciens; qu'elles sont aussi destinées

à féconder le mérite modeste ; qu'un observateur, oublié de ses contemporains, est souvent soutenu dans ses veilles laborieuses par la pensée qu'il obtiendra un regard bienveillant de la postérité. Autant que cela dépend de nous, faisons qu'un espoir aussi juste, aussi naturel, ne soit pas déçu. Accordons un légitime, un éclatant hommage à ces hommes d'élite que la nature a doués du précieux privilége de coordonner mille faits isolés, d'en faire jaillir de séduisantes théories ; mais n'oublions pas que la faucille du moissonneur avait coupé les épis avant qu'on pût songer à les réunir en gerbes !

La chaleur se présente dans les phénomènes naturels et dans ceux qui sont le produit de l'art, sous deux formes entièrement distinctes que Fourier a envisagées séparément. J'adopterai la même division, en commençant toutefois l'analyse historique que je dois vous soumettre par la chaleur rayonnante.

Personne ne peut douter qu'il n'y ait une différence physique bien digne d'être étudiée, entre la boule de fer à la température ordinaire, qu'on manie à son gré, et la boule de fer, de même dimension, que la flamme d'un fourneau a fortement échauffée, et dont on ne saurait approcher sans se brûler. Cette différence, suivant la plupart des physiciens, provient d'une certaine quantité d'un fluide élastique, impondérable ou du moins impondéré, avec lequel la seconde boule s'était combinée dans l'acte de l'échauffement. Le fluide qui en s'ajoutant aux corps froids les rend chauds, est désigné par le nom de *chaleur* ou de *calorique*.

Les corps inégalement échauffés, placés en présence, agissent les uns sur les autres, *même à de grandes di-*

stances, même à travers le vide; car les plus froids se réchauffent et les plus chauds se refroidissent; car après un certain temps ils sont au même degré, quelle qu'ait été la différence de leurs températures primitives.

Dans l'hypothèse que nous avons signalée et admise, il n'est qu'une manière de concevoir cette action à distance : c'est de supposer qu'elle s'opère à l'aide de certains effluves qui traversent l'espace en allant du corps chaud au corps froid; c'est d'admettre qu'un corps chaud lance autour de lui des rayons de chaleur, comme les corps lumineux lancent des rayons de lumière.

Les effluves, les émanations rayonnantes à l'aide desquelles deux corps éloignés l'un de l'autre se mettent en communication calorifique, ont été très convenablement désignés sous le nom de *calorique rayonnant*.

Le calorique rayonnant avait déjà été, quoi qu'on en ait dit, l'objet d'importantes expériences avant les travaux de Fourier. Les célèbres académiciens *del Cimento* trouvaient, il y a près de deux siècles, que ce calorique se réfléchit comme la lumière; qu'ainsi que la lumière, un miroir concave le concentre à son foyer. En substituant des boules de neige à des corps échauffés, ils allèrent même jusqu'à prouver qu'on peut former des foyers frigorifiques par voie de réflexion.

Quelques années après, *Mariotte*, membre de cette académie, découvrit qu'il existe différentes natures de calorique rayonnant; que celui dont les rayons solaires sont accompagnés, traverse tous les milieux diaphanes aussi facilement que le fait la lumière; tandis que le calorique qui émane d'une matière fortement échauffée, mais encore obscure; tandis que les rayons de calorique

qui se trouvent mêlés aux rayons lumineux d'un corps médiocrement incandescent, sont arrêtés presque en totalité dans leur trajet au travers de la lame de verre la plus transparente !

Cette remarquable découverte, pour le dire en passant, montra combien avaient été heureusement inspirés, malgré les railleries des prétendus savans, les ouvriers fondeurs, qui, de temps immémorial, ne regardaient la matière incandescente de leurs fourneaux qu'à travers un verre de vitre ordinaire, croyant, à l'aide de cet artifice, arrêter seulement la chaleur qui eût brûlé leurs yeux.

Dans les sciences expérimentales, les époques de brillans progrès sont presque toujours séparées par de longs intervalles d'un repos à peu près absolu. Ainsi, après *Mariotte*, il s'écoule plus d'un siècle sans que l'histoire ait à enregistrer aucune nouvelle propriété du calorique rayonnant. Ensuite, et coup sur coup, on trouve dans la lumière solaire des rayons calorifiques obscurs dont l'existence ne saurait être constatée qu'avec le thermomètre, et qui peuvent être complétement séparés des rayons lumineux à l'aide du prisme ; on découvre, à l'égard des corps terrestres, que l'émission des rayons calorifiques, et conséquemment que le refroidissement de ces corps est considérablement ralenti par le poli des surfaces ; que la couleur, la nature et l'épaisseur des enduits dont ces mêmes surfaces peuvent être revêtues, exercent aussi une influence manifeste sur leur pouvoir émissif ; l'expérience, enfin, rectifiant les vagues prévisions auxquelles les esprits les plus éclairés s'abandonnent eux-mêmes avec tant d'étourderie, montre que les rayons calorifiques qui s'élancent de la paroi plane d'un corps

échauffé, n'ont pas la même force, la même intensité dans toutes les directions; que le *maximum* correspond à l'émission perpendiculaire, et le *minimum* aux émissions parallèles à la surface.

Entre ces deux positions extrêmes, comment s'opère l'affaiblissement du pouvoir émissif? *Leslie* chercha, le premier, la solution de cette question importante. Ses observations semblèrent prouver que les intensités des rayons sortans sont proportionnelles (il faut bien, Messieurs, que j'emploie l'expression scientifique), sont proportionnelles aux *sinus* des angles que forment ces rayons avec la surface échauffée; mais les quantités sur lesquelles on avait dû expérimenter étaient trop faibles; les incertitudes des appréciations thermométriques comparées à l'effet total étaient, au contraire, trop grandes, pour ne pas commander une extrême défiance. Eh bien! Messieurs, un problème devant lequel tous les procédés, tous les instrumens de la physique moderne étaient restés impuissans, Fourier l'a complétement résolu, sans avoir besoin de tenter aucune expérience nouvelle! La loi cherchée de l'émission du calorique, il l'a trouvée, avec une perspicacité qu'on ne saurait assez admirer, dans les phénomènes de température les plus ordinaires, dans les phénomènes qui, de prime abord, semblent devoir en être tout-à-fait indépendans.

Tel est le privilége du génie: il aperçoit, il saisit des rapports là où des yeux vulgaires ne voient que des faits isolés.

Personne ne doute, et d'ailleurs l'expérience a prononcé, que dans les points d'un espace terminé par une enveloppe quelconque entretenue à une température

constante, on ne doive éprouver une température constante aussi, et précisément celle de l'enveloppe. Or, Fourier a établi que si les rayons calorifiques émis avaient une égale intensité dans toutes les directions; que si cette même intensité ne variait proportionnellement au sinus de l'angle d'émission, la température d'un corps situé dans l'enceinte dépendrait de la place qu'il y occuperait : *que la température de l'eau bouillante ou celle du fer fondant, par exemple, existeraient en certains points d'une enveloppe creuse de glace!!* Dans le vaste domaine des sciences physiques, on ne trouverait pas une application plus piquante de la célèbre *méthode de réduction à l'absurde* dont les anciens mathématiciens faisaient usage pour démontrer les vérités abstraites de la géométrie.

Je ne quitterai pas cette première partie des travaux de Fourier, sans ajouter qu'il ne s'est point contenté de démontrer, avec tant de bonheur, la loi remarquable qui lie les intensités comparatives des rayons calorifiques émanés, sous toute sorte d'angles, de la surface des corps échauffés; il a cherché, de plus, la cause physique de cette loi; il l'a trouvée dans une circonstance que ses prédécesseurs avaient entièrement négligée. Supposons, a-t-il dit, que les corps émettent de la chaleur, non-seulement par leurs molécules superficielles, mais encore par des points intérieurs. Admettons, de plus, que la chaleur de ces derniers points ne puisse arriver à la surface en traversant une certaine épaisseur de matière, sans éprouver quelque absorption. Ces deux hypothèses, Fourier les traduit en calcul et il en fait surgir mathématiquement la loi expérimentale du sinus. Après avoir

résisté à une épreuve aussi radicale, les deux hypothèses se trouvaient complétement justifiées; elles sont devenues des lois de la nature; elles signalent dans le calorique des propriétés cachées qui pouvaient seulement être aperçues par les yeux de l'esprit.

Dans la seconde question traitée par Fourier, la chaleur se présente sous une nouvelle forme. Il y a plus de difficulté à suivre ses mouvemens, mais aussi les conséquences de la théorie sont plus générales, plus importantes.

La chaleur excitée, concentrée en un certain point d'un corps solide, se communique, par voie de conductibilité, d'abord aux particules les plus voisines du point échauffé, ensuite, de proche en proche, à toutes les régions du corps. De là le problème dont voici l'énoncé :

Par quelles routes et avec quelles vitesses s'effectue la propagation de la chaleur dans les corps de forme et de nature diverses, soumis à certaines conditions initiales?

Au fond, l'Académie des sciences avait déjà proposé ce problème comme sujet de prix, dès l'année 1736. Alors les termes de chaleur et de calorique n'étaient pas en usage; elle demanda *l'étude de la nature et de la propagation* DU FEU! Le mot *feu*, jeté ainsi dans le programme sans autre explication, donna lieu à la plus étrange méprise. La plupart des physiciens imaginèrent qu'il s'agissait d'expliquer de quelle manière *l'incendie* se communique et grandit dans un amas de matières combustibles. Quinze concurrens se présentèrent; *trois* furent couronnés.

Ce concours donna peu de résultats. Toutefois, une

singulière réunion de circonstances et de noms propres en rendra le souvenir durable.

Le public n'eût-il pas le droit de s'étonner, en lisant cette déclaration académique : « La question ne donne « presque aucune prise à la géométrie! » En matière d'inventions, tenter de faire la part de l'avenir, c'est se préparer d'éclatans mécomptes. Un des concurrens, le grand *Euler*, prit cependant ces paroles à la lettre. Les rêveries dont son mémoire fourmille ne sont rachetées, cette fois, par aucune de ces brillantes découvertes d'analyse, j'ai presque dit de ces sublimes inspirations qui lui étaient si familières. Heureusement, Euler joignit à son mémoire un supplément vraiment digne de lui. Le père *Lozeran de Fiesc* et le comte de *Créqui*, obtinrent l'honneur insigne de voir leurs noms inscrits à côté de celui de l'illustre géomètre, sans qu'il soit possible aujourd'hui d'apercevoir dans leurs mémoires aucune espèce de mérite, pas même celui de la politesse; car l'homme de cour dit rudement à l'Académie : « La question que vous avez soulevée n'intéresse que la curiosité des hommes. »

Parmi les concurrens moins favorablement traités, nous apercevons l'un des plus grands écrivains que la France ait produit : l'auteur de la Henriade. Le mémoire de *Voltaire* était sans doute loin de résoudre le problème proposé; mais il brillait, du moins, par l'élégance, la clarté, la précision du langage; j'ajouterai, par une argumentation sévère; car si l'auteur, parfois, arrive à des résultats contestables; c'est seulement quand il emprunte de fausses données à la chimie et à la physique de l'époque, sciences qui venaient à peine de naître. Au sur-

plus, la couleur *anticartésienne* de quelques articles du mémoire de *Voltaire* devait trouver peu de faveur dans une compagnie où le *cartésianisme*, escorté de ses insaisissables tourbillons, coulait à pleins bords.

On trouverait plus difficilement les causes qui firent dédaigner le mémoire d'un quatrième concurrent, de madame *la marquise du Châtelet*, car elle aussi était entrée dans la lice ouverte par l'Académie. Le travail d'Émilie n'était pas seulement un élégant tableau de toutes les propriétés de la chaleur connues alors des physiciens; on y remarquait encore divers projets d'expériences, un, entre autres, qu'*Herschel* a fécondé depuis, et dont il a tiré un des principaux fleurons de sa brillante couronne scientifique.

Pendant que de si grands noms étaient engagés dans ce concours, des physiciens moins ambitieux, posaient expérimentalement les bases solides d'une future théorie mathématique de la chaleur. Les uns constataient que les mêmes quantités de calorique n'élèvent pas d'un égal nombre de degrés la température de poids égaux de différentes substances, et jetaient par là dans la science l'importante notion de *capacité*. Les autres, à l'aide d'observations non moins certaines, prouvaient que la chaleur appliquée en un point d'une barre, se transmet aux parties éloignées avec plus ou moins de vitesse ou d'intensité, suivant la nature de la matière dont la barre est formée : ils faisaient naître ainsi les premières idées de *conductibilité*. La même époque, si de trop grands détails ne m'étaient interdits, nous présenterait d'intéressantes expériences sur une loi de refroidissement admise hypothétiquement par *Newton*. Nous verrons qu'il

n'est point vrai qu'à tous les degrés du thermomètre la perte de chaleur d'un corps soit proportionnelle à l'excès de sa température sur celle du milieu dans lequel il est plongé ; mais j'ai hâte de vous montrer la géométrie pénétrant, timidement d'abord, dans les questions de propagation de la chaleur et y déposant les premiers germes de ses méthodes fécondes.

C'est à Lambert de Mulhouse qu'est dû ce premier pas. Cet ingénieux géomètre s'était proposé un problème très simple dont tout le monde peut comprendre le sens.

Une barre métallique mince est exposée, par l'une de ses extrémités, à l'action constante et durable d'un certain foyer de chaleur. Les parties voisines du foyer sont échauffées les premières. De proche en proche, la chaleur se communique aux portions éloignées, et après un temps assez court, chaque point se trouve avoir acquis le maximum de température auquel il puisse jamais atteindre. L'expérience durerait ensuite cent ans, que l'état thermométrique de la barre n'en serait pas modifié.

Comme de raison, ce maximum de chaleur est d'autant moins fort que l'on s'éloigne davantage du foyer. Y a-t-il quelque rapport entre les températures finales, et les distances des divers points de la barre à l'extrémité directement échauffée? Ce rapport existe; il est très simple; Lambert le chercha par le calcul, et l'expérience confirma les résultats de la théorie.

A côté de la question, en quelque sorte élémentaire, de la propagation *longitudinale* de la chaleur, traitée par Lambert, venait se placer le problème plus général, mais aussi beaucoup plus difficile, de cette même propagation dans un corps à trois dimensions terminé par une

surface quelconque. Ce problème exigeait le secours de la plus haute analyse. C'est Fourier qui, le premier, l'a mis en équation; c'est à Fourier aussi que sont dus certains théorèmes à l'aide desquels on peut remonter des équations différentielles aux intégrales, et pousser les solutions, dans la plupart des cas, jusqu'aux dernières applications numériques.

Le premier mémoire de Fourier sur la théorie de la chaleur remonte à 1807. L'Académie, à laquelle il avait été soumis, voulant engager l'auteur à l'étendre et à le perfectionner, fit de la question de la propagation de la chaleur le sujet du grand prix de mathématiques qu'elle devait décerner au commencement de 1812. Fourier concourut, en effet, et sa pièce fut couronnée. « Mais, hélas! comme « le disait Fontenelle, dans le pays même des démon« strations, on trouve encore le moyen de se diviser. » Quelques restrictions se mêlèrent au jugement favorable de l'Académie. Les illustres commissaires du prix, Laplace, Lagrange, Legendre, tout en proclamant la nouveauté et l'importance du sujet, tout en déclarant que les véritables équations différentielles de la propagation de la chaleur étaient enfin trouvées, disaient qu'ils apercevaient des difficultés dans la manière dont l'auteur y parvenait. Ils ajoutèrent que ses moyens d'intégration laissaient quelque chose à désirer, même du côté de la rigueur, sans toutefois appuyer leur opinion d'aucune espèce de développement.

Fourier n'a jamais adhéré à ces arrêts. A la fin de sa vie, il a même montré d'une manière bien manifeste qu'il les croyait injustes, puisqu'il a fait imprimer sa pièce de prix dans nos volumes sans y changer un seul

mot. Néanmoins, les doutes exprimés par les commissaires de l'Académie lui revenaient sans cesse à la mémoire. A l'origine, ils avaient déjà empoisonné chez lui le plaisir du triomphe. Ces premières impressions ajoutées à une grande susceptibilité, expliquent comment Fourier finit par voir avec un certain déplaisir les efforts des géomètres qui tentaient de perfectionner sa théorie. C'est là, Messieurs, une bien étrange aberration dans un esprit aussi élevé! Il fallait que notre confrère eût oublié qu'il n'est donné à personne de conduire une question scientifique à son terme, et que les grands travaux sur le système du monde, des d'Alembert, des Clairaut, des Euler, des Lagrange, des Laplace, tout en immortalisant leurs auteurs, ont sans cesse ajouté de nouveaux rayons à la gloire impérissable de Newton.

Tâchons que cet exemple ne soit pas perdu. Lorsque la loi civile impose aux tribunaux le devoir de motiver *leurs jugemens*, les académies, qui sont les tribunaux de la science, n'auraient pas même un prétexte pour s'affranchir de cette règle. A notre époque, les corps, aussi bien que les particuliers, font sagement quand ils ne comptent, en toute chose, que sur l'autorité de la raison.

Dans tous les temps, la *Théorie mathématique* de la chaleur aurait excité un vif intérêt parmi les hommes réfléchis, puisqu'en la supposant complète, elle éclairerait les plus minutieux procédés des arts. De nos jours, ses nombreux points de contact avec les curieuses découvertes des géologues, en ont fait, j'oserai dire, une œuvre de circonstance. Signaler la liaison intime de ces deux genres de recherches, ce sera présenter le côté le plus im-

portant des découvertes de Fourier, et montrer combien notre confrère, par une de ces inspirations réservées au génie, avait heureusement choisi le sujet de ses méditations.

Les parties de l'écorce minérale du globe, que des géologues appellent les terrains de sédiment, n'ont pas été formées d'un seul jet. Les eaux couvrirent anciennement, à plusieurs reprises, des régions situées aujourd'hui au centre des continens. Elles y déposèrent, par minces couches horizontales, diverses natures de roches. Ces roches, quoique immédiatement superposées entre elles, comme le sont les assises d'un mur, ne doivent pas être confondues; leurs différences frappent les yeux les moins éclairés. Il faut même noter cette circonstance capitale, que chaque terrain a une limite nette, parfaitement tranchée; qu'aucune transition ne le lie au terrain différent qu'il supporte. L'Océan, source première de ces dépôts, éprouvait donc jadis, dans sa composition chimique, d'énormes changemens auxquels il n'est plus sujet aujourd'hui.

A part quelques rares exceptions, résultats des convulsions locales dont les effets sont d'ailleurs manifestes, l'ordre relatif d'ancienneté des lits pierreux qui forment la croûte extérieure du globe, doit être celui de leur superposition. Les plus profonds ont été les plus anciennement produits. L'étude attentive de ces diverses enveloppes peut nous aider à remonter la chaîne des temps jusque par delà les époques les plus reculées, et nous éclairer sur le caractère des révolutions épouvantables qui, périodiquement, ensevelissaient les continens au sein des eaux ou les remettaient à sec.

Les roches cristallines granitiques sur lesquelles la mer a opéré ses premiers dépôts, n'ont jamais offert aucun vestige d'être vivant. Ces vestiges, on ne les trouve que dans les terrains sédimenteux.

C'est par les végétaux que la vie paraît avoir commencé sur le globe. Des débris de végétaux sont tout ce que l'on rencontre dans les plus anciennes couches déposées par les eaux; encore appartiennent-ils aux plantes de la composition la plus simple : à des fougères, à des espèces de joncs, à des lycopodes.

La végétation devient de plus en plus composée dans les terrains supérieurs. Enfin, près de la surface, elle est comparable à la végétation des continens actuels, avec cette circonstance, cependant, bien digne d'attention, que certains végétaux qui vivent seulement dans le Midi; que les grands palmiers, par exemple, se trouvent à l'état fossile sous toutes les latitudes et au centre même des régions glacées de la Sibérie.

Dans le monde primitif, ces régions hyperboréennes jouissaient donc en hiver d'une température au moins égale à celle qu'on éprouve maintenant sous les parallèles où les grands palmiers commencent à se montrer : à Tobolsk, on avait le climat d'Alicante ou d'Alger!

Nous ferions jaillir de nouvelles preuves à l'appui de ce mystérieux résultat, d'un examen attentif de la taille des végétaux.

Il existe aujourd'hui des prêles ou joncs marécageux, des fougères et des lycopodes, tout aussi bien en Europe que dans les régions équinoxiales; mais on ne les rencontre avec de grandes dimensions que dans les climats chauds. Ainsi, mettre en regard les dimensions des mê-

mes plantes, c'est vraiment comparer, sous le rapport de la température, les régions où elles se sont développées. Eh bien! placez à côté des plantes fossiles de nos terrains houilliers, je ne dirai pas les plantes européennes analogues, mais celles qui couvrent les contrées de l'Amérique méridionale les plus célèbres par la richesse de leur végétation, et vous trouverez les premières incomparablement plus grandes que les autres.

Les *flores fossiles* de la France, de l'Angleterre, de l'Allemagne, de la Scandinavie, offrent, par exemple, des fougères de quinze mètres de haut, et dont les tiges (des tiges de fougères!) avaient jusqu'à un mètre de diamètre, ou trois mètres de tour.

Les lycopodiacées qui aujourd'hui, dans les pays froids ou tempérés, sont des plantes rampantes s'élevant à peine d'un décimètre au dessus du sol; qui à l'équateur même, au milieu des circonstances les plus favorables, ne montent pas à plus d'*un* mètre, avaient en Europe, dans le monde primitif, jusqu'à vingt-cinq mètres de hauteur.

Il faudrait être aveugle pour ne point trouver dans ces énormes dimensions une nouvelle preuve de la haute température dont jouissait notre pays avant les dernières irruptions de l'Océan!

L'étude des *animaux fossiles* n'est pas moins féconde. Je m'écarterais de mon sujet si j'examinais ici comment l'organisation animale s'est développée sur la terre; quelles modifications, ou, plus exactement, quelles complications elle a éprouvées après chaque cataclysme; si même je m'arrêtais à décrire une de ces antiques époques pendant lesquelles la terre, la mer et l'atmosphère

n'avaient pour habitans que des reptiles à sang froid de dimensions énormes ; des tortues à carapaces de trois mètres de diamètre ; des lézards de dix-sept mètres de long ; des *ptérodactyles*, véritables dragons volans aux formes si bizarres, qu'on a pu vouloir, d'après des argumens d'une valeur réelle, les placer tour à tour parmi les reptiles, parmi les mammifères ou parmi les oiseaux, etc. Le but que je me propose n'exige pas d'aussi grands détails ; une seule remarque suffira :

Parmi les ossemens que renferment les terrains les plus voisins de la surface actuelle du globe, il y en a d'hippopotame, de rhinocéros, d'éléphant. Ces restes d'animaux des pays chauds existent sous toutes les latitudes. Les voyageurs en ont même découvert à l'*île Melville*, où la température descend aujourd'hui jusqu'à 50° au dessous de zéro. En Sibérie, on les trouve en si grande abondance, que le commerce s'en est emparé. Enfin, sur les falaises dont la mer glaciale est bordée, ce ne sont plus des fragmens de squelette qu'on rencontre, mais des éléphans tout entiers, recouverts encore de leur chair et de leur peau.

Je me tromperais fort, Messieurs, si chacun de vous n'avait pas tiré de ces faits remarquables, une conséquence très remarquable aussi, à laquelle, au surplus, la flore fossile nous avait habitués : c'est qu'en vieillissant les régions polaires de notre globe éprouvèrent un refroidissement prodigieux.

Dans l'explication d'un aussi curieux phénomène, les cosmologues n'assignent aucune part à des variations possibles dans l'intensité du soleil ; et cependant, les étoiles, ces soleils éloignés, n'ont pas la constance d'é-

clat que le vulgaire leur attribue; et quelques unes, dans un espace de temps assez court, se sont trouvées réduites à la centième partie de leur intensité primitive, et plusieurs ont même totalement disparu. On a préféré tout attribuer à une chaleur propre ou d'origine, dont la terre aurait été jadis imprégnée et qui se serait graduellement dissipée.

Dans cette hypothèse, les terres polaires out pu évidemment jouir, à des époques très anciennes, d'une température égale à celle des régions équatoriales où vivent aujourd'hui les éléphans, tout en restant privées, pendant des mois entiers, de la vue du soleil.

Ce n'est pas, au reste, comme explication de l'existence des éléphans en Sibérie, que l'idée de la chaleur propre du globe a pénétré, pour la première fois, dans la science. Quelques savans l'avaient adoptée avant la découverte d'aucun de ces animaux fossiles. Ainsi, *Descartes* croyait qu'à l'origine (je cite ses propres expressions), *la terre ne différait en rien du soleil, sinon qu'elle était plus petite.* Il faudrait donc la considérer comme un soleil éteint. *Leibnitz* fit à cette hypothèse l'honneur de se l'approprier. Il essaya d'en déduire le mode de formation des diverses enveloppes solides dont notre globe se compose. Buffon lui donna aussi le poids de son éloquente autorité. On sait que d'après ce grand naturaliste, les planètes de notre système seraient de simples parcelles du soleil qu'un choc de comète en aurait détachées, il y a quelques milliers d'années.

A l'appui de cette origine ignée de notre globe, *Mairan* et *Buffon* citaient déjà les hautes températures des mines profondes, et entre autres, celle des mines de *Gi-*

romagny. Il semble évident que si la terre a été jadis incandescente, on ne saurait manquer de rencontrer dans les couches intérieures, c'est-à-dire, dans celles qui ont dû se refroidir les dernières, des traces de leur température primitive. L'observateur qui en pénétrant dans la terre n'y trouverait pas une chaleur croissante, pourrait donc se croire amplement autorisé à rejeter les conceptions hypothétiques de *Descartes*, de *Leibnitz*, de *Mairan*, de *Buffon*. Mais la proposition inverse a-t-elle la même certitude? Les torrens de chaleur que le soleil lance depuis tant de siècles n'auraient-ils pas pu se distribuer dans la masse de la terre, de manière à y produire des températures croissantes avec la profondeur? C'est là une question capitale. Certains esprits, faciles à satisfaire, croyaient consciencieusement l'avoir résolue, après avoir dit que l'idée d'une température constante était de beaucoup *la plus naturelle*; mais malheur aux sciences si elles rangeaient ainsi des considérations vagues et qui échappent à toute critique, au nombre des motifs d'admettre ou de rejeter les faits et les théories! Fontenelle, Messieurs, aurait tracé leur horoscope dans ces paroles, bien faites pour humilier notre orgueil, et dont cependant l'histoire des découvertes dévoile en mille endroits la vérité : « Quand une chose peut être de deux façons, « elle est presque toujours de celle qui nous semblait « d'abord la moins naturelle. »

Quelle que soit l'importance de ces réflexions, je m'empresse d'ajouter qu'aux argumens sans valeur réelle de ses devanciers, Fourier a substitué des preuves, des démonstrations, et l'on sait ce que de pareils termes signifient à l'Académie des sciences.

Dans tous les lieux de la terre, dès qu'on est descendu à une certaine profondeur, le thermomètre n'éprouve plus de variation diurne, ni de variation annuelle. Il marque le même degré et la même fraction de degré, pendant toute la durée d'une année et pendant toutes les années. Voilà le fait; que dit la théorie?

Supposez un moment que la terre ait constamment reçu toute la chaleur du soleil. Pénétrez dans sa masse d'une quantité suffisante, et vous trouverez avec Fourier, à l'aide du calcul, une température constante pour toutes les époques de l'année. Vous reconnaîtrez de plus que cette température solaire des couches inférieures varie d'un climat à l'autre; que dans chaque pays, enfin, elle doit être toujours la même, tant qu'on ne s'enfonce pas de quantités fort grandes relativement au rayon du globe. Eh bien! les phénomènes naturels sont en contradiction manifeste avec ce résultat. Les observations faites dans une multitude de mines; les observations de la température de l'eau de fontaines jaillissantes venant de différentes profondeurs, ont toutes donné un accroissement d'*un* degré centigrade pour vingt ou trente mètres d'enfoncement. Ainsi, il y avait quelque chose d'inexact dans l'hypothèse que nous discutions sur les pas de notre confrère. Il n'est pas vrai que les phénomènes de température des couches terrestres puissent être attribués à la seule action des rayons solaires. Cela bien établi, l'accroissement de la chaleur qui s'observe sous tous les climats quand on pénètre dans l'intérieur du globe, est l'indice manifeste d'une chaleur propre. La terre, comme le voulaient *Descartes* et *Leibnitz*, mais sans pouvoir s'appuyer sur aucun argument dé-

-monstratif, devient définitivement, grâce au concours des observations des physiciens et des calculs analytiques de *Fourier*, un *soleil encroûté*, dont la haute température pourra être hardiment invoquée toutes les fois que l'observation des anciens phénomènes géologiques l'exigera.

Après avoir établi qu'il y a dans notre terre une chaleur propre, une chaleur dont la source n'est pas le soleil et qui, si l'on en juge par les accroissemens rapides que donnent les observations, doit être déjà assez forte à la petite profondeur de sept à huit lieues pour tenir toutes les matières connues en fusion, il se présente la question de savoir quelle est sa valeur exacte à la surface du globe; quelle part il faut lui faire dans l'évaluation des températures terrestres; quel rôle elle joue dans les phénomènes de la vie.

Suivant *Mairan, Buffon* et *Bailly*, ce rôle serait immense. Pour la France, ils évaluent la chaleur qui s'échappe de l'intérieur de la terre, à vingt-neuf fois en été et à quatre cents fois en hiver, celle qui nous vient du soleil. Ainsi, contre le sentiment général, la chaleur de l'astre qui nous éclaire ne formerait qu'une très petite partie de celle dont nous ressentons l'heureuse influence.

Cette idée a été développée avec habileté et une grande éloquence, dans les *Mémoires de l'Académie*, dans les *Epoques de la nature de Buffon*, dans les lettres de *Bailly à Voltaire sur l'Origine des sciences* et sur l'*Atlantide*. Mais l'ingénieux roman auquel elle sert de base s'est dissipé comme une ombre devant le flambeau des mathématiques.

Fourier ayant découvert que l'*excès* de la température

totale de la surface terrestre sur celle qui résulterait de la seule action des rayons solaires, a une relation nécessaire et déterminée avec l'accroissement, des températures à différentes profondeurs, a pu déduire de la valeur expérimentale de cet accroissement, une détermination numérique de l'excès en question. Cet excès est l'effet thermométrique que la chaleur centrale produit à la surface; or, au lieu des grands nombres adoptés par *Mairan*, *Bailly* et *Buffon*, qu'a trouvé notre confrère? *un trentième* de degré, pas davantage.

La surface du globe qui, à l'origine des choses, était peut-être incandescente, s'est donc refroidie dans le cours des siècles, de manière à conserver à peine une trace sensible de sa température primitive. Cependant, à de grandes profondeurs, la chaleur d'origine est encore énorme. Le temps altérera notablement les températures intérieures; mais à la surface (et les phénomènes de la surface sont les seuls qui puissent modifier ou compromettre l'existence des êtres vivans), tous les changemens sout à fort peu près accomplis. L'affreuse congélation du globe, dont *Buffon* fixait l'époque au moment où la chaleur centrale se sera totalement dissipée, est donc un pur rêve. A l'extérieur, la terre n'est plus imprégnée que de chaleur solaire. Tant que le soleil conservera le même éclat, les hommes, d'un pôle à l'autre, retrouveront sous chaque latitude les climats qui leur ont permis d'y vivre et de s'y établir.

Ce sont là, Messieurs, de grands, de magnifiques résultats. En les consignant dans les annales des sciences, les historiens ne négligeront pas de signaler cette particularité singulière, que le géomètre à qui l'on dut la pre-

mière démonstration certaine de l'existence, au sein de notre globe, d'une chaleur indépendante de l'action solaire, a réduit au néant le rôle immense qu'on faisait jouer à cette chaleur d'origine, pour l'explication des phénomènes de température terrestre.

Au mérite d'avoir débarrassé la théorie des climats, d'une erreur qui restait debout, appuyée sur l'imposante autorité de *Mairan*, de *Bailly*, de *Buffon*, Fourier a joint un mérite plus éclatant encore : il a introduit dans cette théorie une considération totalement négligée jusqu'à lui ; il a signalé le rôle que doit y jouer *la température de ces espaces célestes* au milieu desquels la terre décrit autour du soleil son orbe immense.

En voyant, même sous l'équateur, certaines montagnes couvertes de neiges éternelles ; en observant le décroissement rapide de température des couches de l'atmosphère, pendant les ascensions aérostatiques, les météorologistes avaient cru que dans les régions d'où l'extrême rareté de l'air tiendra toujours les hommes éloignés, et surtout qu'en dehors de l'atmosphère, il doit régner des froids prodigieux. Ce n'était pas seulement par centaines, c'était par milliers de degrés qu'ils les eussent volontiers mesurés. Mais, comme d'habitude, l'imagination, *cette folle du logis*, avait dépassé toutes les bornes. Les centaines, les milliers de degrés, sont devenus, après l'examen rigide de Fourier, 50 à 60 degrés seulement. 50 à 60 degrés *au dessous de zéro*, telle est la température que le rayonnement stellaire entretient dans les espaces indéfinis, sillonnés par les planètes de notre système.

Vous vous rappelez tous, Messieurs, avec quelle pré-

dilection *Fourier* nous entretenait de ce résultat. Vous savez combien il se croyait assuré d'avoir assigné la température de l'espace à 8 ou 10 degrés près. Par quelle fatalité le mémoire où, sans doute, notre confrère avait consigné tous les élémens de cette importante détermination, ne s'est-il pas retrouvé? Puisse cette perte irréparable prouver, du moins, à tant d'observateurs, qu'au lieu de poursuivre obstinément une perfection idéale qu'il n'est pas donné à l'homme d'atteindre, ils feront sagement de mettre le public, le plus tôt possible, dans la confidence de leurs travaux.

J'aurais encore une longue carrière à parcourir, si après avoir signalé quelques uns des problèmes dont l'état des sciences a permis à notre savant confrère de donner des solutions numériques, je voulais analyser tous ceux qui renfermés encore dans les formules générales, n'attendent que les données de l'expérience pour prendre rang parmi les plus curieuses acquisitions de la physique moderne. Le temps dont je puis disposer m'interdit de pareils développemens. Je commettrais cependant un oubli sans excuse, si je ne disais que parmi les formules de *Fourier*, il en est une destinée à donner la valeur du refroidissement séculaire du globe, et dans laquelle figure le *nombre des siècles* écoulés depuis l'origine de ce refroidissement. La question si vivement controversée de l'ancienneté de notre terre, même en y comprenant sa période d'incandescence, se trouve ainsi ramenée à une détermination thermométrique. Malheureusement, ce point de théorie est sujet à des difficultés sérieuses. D'ailleurs, la détermination thermométrique,

à cause de son excessive petitesse, serait réservée aux siècles à venir.

Je viens de faire passer sous vos yeux les fruits scientifiques des délassemens du préfet de l'Isère. Fourier occupait encore cet emploi lorsque Napoléon arriva à Cannes. Sa conduite, pendant cette grave conjoncture, a été l'objet de cent rapports mensongers. J'accomplirai donc un devoir en rétablissant les faits, dans toute leur vérité, d'après ce que j'ai entendu de la bouche même de notre confrère.

A la nouvelle du débarquement de l'Empereur, les principales autorités de Grenoble se réunirent à la préfecture. Là, chacun exposa avec talent, mais surtout, disait *Fourier*, avec beaucoup de détails, les difficultés qu'il entrevoyait. Quant aux moyens de les vaincre, on se montrait beaucoup moins fécond. La confiance dans l'éloquence administrative n'était pas encore usée à cette époque; on se décida donc à recourir aux proclamations. Le général commandant et le préfet présentèrent chacun un projet. L'assemblée en discutait minutieusement les termes, lorsqu'un officier de gendarmerie, ancien soldat des armées impériales, s'écria rudement : « Messieurs, « dépêchez-vous; sans cela toute délibération deviendra « inutile. Croyez-moi, j'en parle par expérience; Na- « poléon suit toujours de bien près les courriers qui « l'annoncent. » Napoléon arrivait en effet. Après un court moment d'hésitation, deux compagnies de sapeurs qui avaient été détachées pour couper un pont, se réunirent à leur ancien général. Un bataillon d'infanterie suivit bientôt cet exemple. Enfin, sur les glacis même de la place, en présence de la nombreuse population qui

couronnait les remparts, le 5me régiment de ligne tout entier prit la cocarde tricolore, substitua au drapeau blanc, l'aigle, témoin de vingt batailles, qu'il avait conservée, et partit aux cris de *Vive l'Empereur!* Après un semblable début, essayer de tenir la campagne eût été une folie. Le général Marchand fit donc fermer les portes de la ville. Il espérait encore, malgré les dispositions évidemment hostiles des habitans, pouvoir soutenir un siége en règle avec le seul secours du 3me régiment de génie, du 4me d'artillerie, et des faibles détachemens d'infanterie qui ne l'avaient pas abandonné.

Dès ce moment l'autorité civile avait disparu. *Fourier* crut donc pouvoir quitter Grenoble et se rendre à Lyon, où les princes étaient réunis. A la seconde restauration, ce départ lui fut imputé à crime. Peu s'en fallut qu'il ne l'amenât devant une cour d'assises ou même devant une cour prévôtale. Certains personnages prétendaient que la présence du préfet au chef-lieu de l'Isère aurait pu conjurer l'orage; que la résistance serait devenue plus vive, mieux ordonnée. On oubliait que nulle part, et à Grenoble moins encore que partout ailleurs, on ne put organiser même un simulacre de résistance. Voyons, enfin, comment cette ville de guerre dont la seule présence de Fourier eût, dit-on, prévenu la chute, voyons comment elle fut prise. Il est huit heures du soir. La population et les soldats garnissent les remparts. Napoléon précède sa petite troupe de quelques pas; il s'avance jusqu'à la porte, il frappe (rassurez-vous, messieurs, ce n'est pas une bataille que je vais décrire); *il frappe avec sa tabatière!* — « Qui est là? crie l'officier de garde. — C'est l'Empereur! ouvrez! — Sire, mon devoir me le défend. —

Ouvrez, vous dis-je, je n'ai pas de temps à perdre. — Mais, Sire, lors même que je voudrais vous ouvrir, je ne le pourrais pas : les clefs sont chez le général Marchand. — Allez donc les chercher. — Je suis certain qu'il me les refusera. — Si le général les refuse, *dites-lui que je le destitue!* »

Ces dernières paroles pétrifièrent les soldats. Depuis deux jours, des centaines de proclamations désignaient Bonaparte comme une bête fauve qu'il fallait traquer sans ménagement; elles commandaient à tout le monde de *courir sus*, et cet homme, cependant, menaçait le général de destitution! Le seul mot *destituer* effaça la faible ligne de démarcation qui sépara un instant les vieux soldats des jeunes recrues; un mot plaça la garnison tout entière dans les intérêts de l'Empereur.

Les circonstances de la prise de Grenoble n'étaient pas encore connues, lorsque *Fourier* arriva à Lyon. Il y apportait la nouvelle de la marche rapide de Napoléon; celle de la défection de deux compagnies de sapeurs, d'un bataillon d'infanterie, du régiment commandé par Labédoyère. De plus, il avait été témoin, sur toute la route, de la vive sympathie des habitans des campagnes pour le proscrit de l'île d'Elbe.

Le comte d'Artois reçut fort mal le préfet et ses communications. Il déclara que l'arrivée de Napoléon à Grenoble n'était pas possible; que l'on devait être rassuré sur les dispositions des campagnards. « Quant au fait, dit-il à *Fourier*, qui se serait passé en votre présence aux portes mêmes de la ville; quant à des cocardes tricolores substituées à la cocarde d'Henri IV; quant à des aigles qui auraient remplacé le drapeau blanc, je ne suspecte

pas votre bonne foi, mais l'inquiétude vous aura fasciné les yeux. M. le préfet, retournez donc sans retard à Grenoble ; vous me répondez de la ville sur votre tête. »

Vous le voyez, Messieurs, après avoir si long-temps proclamé la nécessité de dire la vérité aux princes, les moralistes feront sagement d'inviter les princes à vouloir bien l'entendre.

Fourier obéit à l'ordre qu'on venait de lui donner. Les roues de sa voiture avaient à peine fait quelques tours dans la direction de Grenoble, qu'il fut arrêté par des hussards et conduit à Bourgoin, au quartier général. l'Empereur, étendu alors sur une grande carte, un compas à la main, lui dit en le voyant entrer : « Eh bien ! M. le préfet ! vous aussi, vous me déclariez la guerre ? — Sire, mes sermens m'en faisaient un devoir ! — Un devoir, dites-vous ? et ne voyez-vous pas qu'en Dauphiné personne n'est de votre avis ? N'allez pas, au reste, vous imaginer que votre plan de campagne m'effrayât beaucoup. Je souffrais seulement de voir parmi mes adversaires, un *Egyptien*, un homme qui avait mangé avec moi le pain du bivouac, un ancien ami !

Il m'est pénible d'ajouter qu'à ces paroles bienveillantes succédèrent celles-ci : « Comment, au surplus, avez-vous pu oublier, M. Fourier, que je vous ai fait ce que vous êtes ? »

Vous regretterez avec moi, Messieurs, qu'une timidité que les circonstances expliquaient d'ailleurs si bien, ait empêché notre confrère de protester sur-le-champ, de protester avec force contre cette confusion que les puissans de la terre veulent sans cesse établir entre les biens périssables dont ils sont les dispensateurs, et les

plus glorieux services, devaient peu toucher des ministres voués alors aux colères de la politique et aux caprices de l'étranger. Une demande de pension fut donc repoussée avec brutalité. Qu'on se rassure! La France n'aura pas à rougir d'avoir laissé dans le besoin une de ses principales illustrations. Le préfet de Paris; je me trompe, Messieurs, un nom propre ne sera pas de trop ici, M. de *Chabrol* apprend que son ancien professeur à l'École Polytechnique, que le secrétaire perpétuel de l'Institut d'Égypte, que l'auteur de la Théorie analytique de la chaleur, va être réduit, pour vivre, à courir le cachet. Cette idée le révolte. Aussi se montre-t-il sourd aux clameurs des partis, et *Fourier* reçoit de lui la direction supérieure du *Bureau de la statistique* de la Seine, avec 6,000 francs d'appointemens. J'ai cru, Messieurs, ne pas devoir taire ces détails. Les sciences peuvent se montrer reconnaissantes envers tous ceux qui leur donnent appui et protection quand il y a quelque danger à le faire, sans craindre que le fardeau devienne jamais trop lourd!

Fourier répondit dignement à la confiance de M. de *Chabrol*. Les mémoires dont il enrichit les intéressans volumes publiés par la préfecture de la Seine, serviront désormais de guide à tous ceux qui ont le bon esprit de voir dans la statistique autre chose qu'un amas indigeste de chiffres et de tableaux.

L'Académie des sciences saisit la première occasion qui s'offrit à elle de s'attacher *Fourier*. Le 27 mai 1816, elle le nomma académicien libre. Cette élection ne fut pas confirmée. Les démarches, les sollicitations, les prières des Dauphinois, que les circonstances retenaient alors

à Paris, avaient presque désarmé l'autorité, lorsqu'un courtisan s'écria qu'on allait amnistier *le Labédoyère civil !* Ce mot, car depuis bien des siècles la pauvre race humaine est gouvernée par des mots, décida du sort de notre confrère. De par la politique, les ministres de Louis XVIII arrêtèrent qu'un des plus savans hommes de France n'appartiendrait pas à l'Académie; qu'un citoyen, l'ami de tout ce que la capitale renfermait de personnes distinguées, serait publiquement frappé de réprobation !

Dans notre pays, l'absurde dure peu. Aussi, en 1817, lorsque l'Académie, sans se laisser décourager par le mauvais succès de sa première tentative, nomma unanimement *Fourier* à la place qui venait de vaquer en physique, la confirmation royale fut accordée sans difficulté. Je dois ajouter que bientôt après, le pouvoir, dont toutes les répugnances s'étaient dissipées, applaudit franchement, sans arrière-pensée, à l'heureux choix que vous fîtes du savant géomètre, pour remplacer *Delambre* comme secrétaire perpétuel. On alla même jusqu'à vouloir lui confier la direction des beaux-arts; mais notre confrère eut le bon esprit de refuser.

A la mort de Lémontey, l'Académie française, où *Laplace* et *Cuvier* représentaient déjà les sciences, appela encore Fourier dans son sein. Les titres littéraires du plus éloquent collaborateur de l'ouvrage d'Égypte étaient incontestables; ils étaient même incontestés; et cependant cette nomination souleva dans les journaux de violens débats qui affligèrent profondément notre confrère. Mais aussi n'était-ce pas une question que celle de savoir si ces doubles nominations sont utiles? Ne pou-

vait-on pas soutenir, sans se rendre coupable de paradoxe, qu'elles éteignent chez la jeunesse une émulation que tout nous fait un devoir d'encourager? Que deviendrait, d'ailleurs, à la longue, avec des académiciens doubles, triples, quadruples, cette unité si justement vantée de l'ancien Institut? Le public finirait par ne plus vouloir la trouver que dans l'unité du costume.

Quoi qu'il en soit de ces réflexions dont vous ferez prompte justice si je me suis trompé, je me hâte de répéter que les titres académiques de *Fourier* ne furent pas même l'objet d'un doute. Les applaudissemens qu'on avait prodigués aux éloquens éloges de *Delambre*, de *Bréguet*, de *Charles*, d'*Herschel*, montraient assez que si leur auteur n'eût pas été déjà l'un des membres les plus distingués de l'Académie des sciences, le public, tout entier, l'aurait appelé à prendre rang parmi les arbitres de la littérature française.

Rendu, enfin, après tant de traverses, à des occupations favorites, *Fourier* passa ses dernières années dans la retraite et l'accomplissement des devoirs académiques. *Causer* était devenu la moitié de sa vie. Ceux qui ont cru trouver là le texte d'un juste reproche, avaient sans doute oublié que de constantes méditations ne sont pas moins impérieusement interdites à l'homme, que l'abus des forces physiques. Le repos, en toute chose, remonte notre frêle machine; mais ne se repose pas qui veut, Messieurs! Interrogez vos propres souvenirs, et dites si, quand vous poursuivez une vérité nouvelle, la promenade, les conversations du grand monde, si même le sommeil ont le privilége de vous distraire? La santé fort délabrée de *Fourier* lui commandait de grands ménage-

mens. Après bien des essais, il n'avait trouvé qu'un moyen de s'arracher aux contentions d'esprit qui l'épuisaient : c'était de parler à haute voix sur les événemens de sa vie ; sur ses travaux scientifiques, en projet ou déjà terminés ; sur les injustices dont il avait eu à se plaindre. Tout le monde avait pu remarquer combien était insignifiante la tâche que notre spirituel confrère assignait à ceux qui s'entretenaient habituellement avec lui ; maintenant on en comprendra le motif.

Fourier avait conservé dans sa vieillesse, la grâce, l'urbanité, les connaissances variées qui, un quart de siècle auparavant, donnèrent tant de charme à ses leçons de l'école Polytechnique. On prenait plaisir à lui entendre raconter, même l'anecdote qu'on savait par cœur, même les événemens auxquels on avait pris une part directe. Le hasard me rendit témoin de l'espèce de *fascination* qu'il exerçait sur ses auditeurs, dans une circonstance qui mérite, je crois, d'être connue, car elle prouvera que le mot dont je viens de me servir n'a rien de trop fort.

Nous nous trouvions assis à la même table. Le convive dont je le séparais était un ancien officier. Notre confrère l'apprit, et la question : Avez-vous été en Egypte ? servit à lier conversation. La réponse fut affirmative. *Fourier* s'empressa d'ajouter : Quant à moi, je suis resté dans ce magnifique pays jusqu'à son entière évacuation. Quoique étranger au métier des armes, j'ai fait, au milieu de nos soldats, le coup de feu contre les insurgés du *Kaire ;* j'ai eu l'honneur d'entendre le canon d'*Héliopolis*. De là à raconter la bataille, il n'y avait qu'un pas. Ce pas fut bientôt fait, et voilà quatre

bataillons carrés se formant dans la plaine de *Qoubbèh* et manœuvrant aux ordres de l'illustre géomètre, avec une admirable précision. Mon voisin, l'oreille au guet, les yeux immobiles, le cou tendu, écoutait ce récit avec le plus vif intérêt. Il n'en perdait pas une syllabe : on eût juré qu'il entendait parler pour la première fois de ces événemens mémorables. Il est si doux de plaire, Messieurs ! Après avoir remarqué l'effet qu'il produisait, *Fourier* revint, avec plus de détails encore, au principal combat de ces grandes journées ; à la prise du village fortifié de *Mattaryèh*; au passage de deux faibles colonnes de grenadiers français à travers des fossés comblés des morts et des blessés de l'armée ottomane. Les généraux anciens et modernes ont quelquefois parlé de semblables prouesses, s'écria notre confrère; mais c'était en style hyperbolique de bulletin ; ici le fait est matériellement vrai : il est vrai comme de la géométrie. Je sens, au reste, ajouta-t-il, que pour vous y faire croire, ce ne sera pas trop de toutes mes assurances !

Soyez sur ce point sans nulle inquiétude, répondit l'officier, qui, dans ce moment, semblait sortir d'un long rêve. Au besoin, je pourrais me porter garant de l'exactitude de votre récit. C'est moi qui, à la tête des grenadiers de la 13me et de la 85me demi-brigades, franchis les retranchemens de *Mattaryèh* en passant sur les cadavres des janissaires !

Mon voisin était le général *Tarrayre*. On concevra bien mieux que je ne pourrais le dire, l'effet du peu de mots qui venaient de lui échapper. *Fourier* se confondait en excuses, tandis que je réfléchissais sur cette séduction, sur cette puissance de langage qui, pendant près d'une

demi-heure, venait d'enlever au célèbre général jusqu'au souvenir du rôle qu'il avait joué dans les combats de géans qu'on lui racontait.

Autant votre secrétaire avait besoin de causer, autant il éprouvait de répugnance pour les discussions verbales. *Fourier* coupait court à tout débat, aussitôt qu'il pressentait une divergence d'avis un peu tranchée, sauf à reprendre plus tard le même sujet, avec la prétention modeste de faire un très petit pas chaque fois. Quelqu'un demandait à *Fontaine*, géomètre de cette Académie, ce qu'il faisait dans le monde où il gardait un silence presque absolu. « J'observe, répondit-il, la vanité des hom-« mes pour la blesser dans l'occasion. » Si, comme son prédécesseur, *Fourier* étudiait aussi les passions honteuses qui se disputent les honneurs, la richesse, le pouvoir, ce n'était point pour les combattre : résolu à ne jamais transiger avec elles, il calculait cependant ses démarches de manière à ne pas se trouver sur leur chemin. Nous voilà bien loin du caractère ardent, impétueux du jeune orateur de la société populaire d'Auxerre ; mais à quoi servirait la philosophie, si elle ne nous apprenait à vaincre nos passions ! Ce n'est pas que, par momens, le fond du caractère de *Fourier* ne se montrât à nu. Il est étrange, disait un jour certain personnage très influent de la cour de Charles X, à qui le domestique *Joseph* ne voulait pas permettre de dépasser l'antichambre de notre confrère, il est vraiment étrange que votre maître soit plus difficile à aborder qu'un ministre ! *Fourier* entend le propos, saute à bas de son lit, où une indisposition le retenait, ouvre la porte de la chambre, et face à face avec le courtisan, *Joseph*, s'écrie-t-il, dites à monsieur que si

j'étais ministre, je recevrais tout le monde, parce que tel serait mon devoir; comme simple particulier, je reçois qui bon me semble et quand bon me semble! Déconcerté par la vivacité de la boutade, le grand seigneur ne répondit pas un mot. Il faut même croire qu'à partir de ce moment il se décida à ne visiter que des ministres, car le simple savant n'en entendit plus parler.

Fourier était doué d'une constitution qui lui promettait de longs jours; mais que peuvent les dons naturels contre les habitudes anti-hygiéniques que les homme se créent à plaisir? Pour se dérober à de légères atteintes rhumatismales, notre confrère se vêtait dans la saison la plus chaude de l'année, comme ne le font même pas les voyageurs condamnés à hiverner au milieu des glaces polaires. On me suppose de l'embonpoint, disait-il quelquefois en riant; soyez assuré qu'il y a beaucoup à rabattre de cette opinion. Si, à l'exemple des momies égyptiennes, on me soumettait, ce dont Dieu me préserve! à l'opération du désemmaillottement, on ne trouverait pour résidu qu'un corps assez fluet. Je pourrais ajouter, en choisissant aussi mon terme de comparaison sur les bords du Nil, que dans les appartemens de Fourier, toujours peu spacieux et fortement chauffés, même en été, les courans d'air auxquels on était exposé près des portes, ressemblaient quelquefois à ce terrible Seïmoum, à ce vent brûlant du désert que les caravanes redoutent à l'égal de la peste.

Les prescriptions de la médecine, qui dans la bouche de M. Larrey se confondaient avec les inquiétudes d'une longue et constante amitié, ne réussirent pas à faire modifier ce régime mortel. *Fourier* avait déjà eu, en Egypte

et à Grenoble, quelques atteintes graves d'un anévrisme au cœur. A Paris, on ne pouvait guère se méprendre sur la cause première des fréquentes suffocations qu'il éprouvait. Une chute faite, le 4 mai 1830, en descendant un escalier, donna toutefois à la maladie une marche beaucoup plus rapide qu'on n'avait jamais dû le craindre. Notre confrère, malgré de vives instances, persista à ne vouloir combattre les plus menaçans symptômes qu'à l'aide de la patience et d'une haute température. Le 16 mai 1830, vers les quatre heures du soir, Fourier éprouva, dans son cabinet de travail, une violente crise dont il était loin de pressentir la gravité; car, après s'être jeté tout habillé sur un lit, il pria M. Petit, jeune médecin de ses amis qui lui donnait des soins, de ne pas s'éloigner, « afin, lui dit-il, que nous puissions tout à l'heure causer ensemble. » Mais à ces paroles succédèrent bientôt les cris : *Vite, vite, du vinaigre, je m'évanouis!* et, un des savans qui jetait le plus d'éclat sur l'Académie, avait cessé de vivre!

Cet événement cruel est trop récent, Messieurs, pour qu'il soit nécessaire de rappeler ici, et la douleur profonde qu'éprouva l'Institut en perdant une de ses premières notabilités; et ces obsèques où tant de personnes ordinairement divisées d'intérêts et d'opinions, se réunirent dans un sentiment commun de vénération et de regrets autour des restes inanimés de *Fourier;* et l'école Polytechnique se joignant en masse au cortége, pour rendre hommage à l'un de ses plus anciens, de ses plus célèbres professeurs; et les paroles qui, sur les bords de la tombe, dépeignirent si éloquemment le profond mathématicien, l'écrivain plein de goût, l'administrateur

intègre, le bon citoyen, l'ami dévoué. Disons seulement que Fourier appartenait à toutes les grandes sociétés savantes du monde, et qu'elles s'associèrent avec la plus touchante unanimité au deuil de l'Académie, au deuil de la France entière : éclatant témoignage que la *république des lettres* n'est plus aujourd'hui un vain nom ! Qu'a-t-il donc manqué à la mémoire de notre confrère ? Un successeur plus habile que je ne l'ai été, à grouper, à mettre en relief les diverses phases d'une vie si variée, si laborieuse, si glorieusement enlacée aux plus grands événemens de la plus mémorable époque de notre histoire. Heureusement, les découvertes scientifiques de l'illustre secrétaire n'avaient rien à redouter de l'insuffisance du panégyriste. Mon but aura été complétement atteint, si, malgré l'imperfection de mes esquisses, chacun de vous a compris que les progrès de la physique générale, de la physique terrestre, de la géologie, multiplieront de jour en jour davantage les fécondes applications de la *Théorie analytique de la chaleur,* et que cet ouvrage portera le nom de *Fourier* jusqu'à la postérité la plus reculée.

Recherches sur la Quantité d'Azote contenue dans les Fourrages, et sur leurs Equivalens;

Deuxième Mémoire.

PAR M. BOUSSINGAULT.

Dans un premier mémoire, j'ai déterminé la quantité d'azote contenue dans un assez grand nombre de four-

rages, et j'ai montré que les substances alimentaires, considérées par les praticiens comme les plus nutritives, sont précisément celles qui en renferment le plus. En partant de ce principe, qui jusqu'à présent ne souffre que très peu d'exceptions, j'ai cherché à établir que la valeur nutritive des végétaux *acceptés* comme alimens par les animaux, est sensiblement proportionnelle à leur richesse en azote. Les équivalens nutritifs qui se déduisent de cette vue théorique sont souvent fort approchés des nombres fournis par l'observation; et les différences que l'on remarque entre les résultats de la théorie et ceux de l'expérience, s'expliquent aisément par la difficulté de faire sur l'alimentation du bétail des observations entièrement comparables. Il suffit, pour s'en convaincre, de comparer entre eux les nombres admis par les agriculteurs les plus habiles pour représenter l'équivalent d'une même substance; Thaer et Gemerhausen, par exemple, portent l'équivalent de la betterave champêtre à 460, tandis que Meyer et Pabst admettent pour la même racine le nombre 250. L'équivalent du tourteau de lin serait 108 selon Pétri, et 42 suivant Block.

Dans le présent mémoire, je continue à doser l'azote des différens fourrages; mais avant d'entrer dans le détail de ces nouvelles expériences, je suis obligé de revenir sur quelques unes des matières examinées précédemment, parce que leurs équivalens théoriques donnés dans mon premier travail, diffèrent considérablement des équivalens pratiques auxquels je les ai comparés. L'importance de ces matières dans l'alimentation justifie la nécessité de cette révision.

J'ai trouvé pour l'équivalent de la pomme de terre

281, nombre que j'ai comparé à l'équivalent pratique de Thaer, qui est 200. La différence, comme on voit, est assez forte ; mais j'ai appris depuis que Flotow avait adopté le nombre 250, qui se rapproche déjà de l'équivalent indiqué par la théorie. J'ajouterai maintenant que dans une série d'expériences qui s'exécutent en ce moment dans nos étables, deux vaches laitières sont rationnées avec une quantité de pommes de terre calculée d'après mon équivalent ; ces vaches ont toujours consommé leur ration, et j'ai tout lieu d'être convaincu que si on eût remplacé 100 parties de foin par 200 parties de tubercules, elles n'auraient pas reçu une proportion convenable de nourriture. Une question relative à la pomme de terre qui m'a ensuite préoccupé, a été de savoir si, pendant leur conservation, elles perdent de leur faculté nutritive. A Bechelbronn, on conserve les pommes de terre dans des fosses creusées dans le sable ; pendant les gelées, on recouvre les fosses avec une couche de fumier. Durant l'hiver, la pomme de terre garde une bonne apparence ; mais au printemps elle s'amollit un peu, devient moins agréable au goût, et l'on croit qu'elle est alors moins nourrissante. Le fait est même constaté par les recherches de Block.

J'ai déterminé l'azote dans la pomme de terre que j'avais déjà examinée en 1836, après qu'elle eut passé dix mois dans les fosses. En comparant le résultat de l'analyse avec celui obtenu sur ce tubercule immédiatement après sa sortie de terre, on a :

	Humidité.	Azote dans la subst. desséchée.	Azote dans la subst. non dessèch.
Pomme de terre nouvelle	0,784	0,0180	0,0037
Pomme de terre ancienne	0,766	0,0118	0,0028

On voit que pendant sa conservation, la pomme de terre a perdu de l'azote; sa faculté nutritive doit par conséquent être moindre, puisque si elle eût perdu la totalité de son azote, il n'aurait plus été possible de l'employer seule à l'alimentation. Son équivalent s'est élevé en effet à 410.

Les observations de Block l'ont conduit à un résultat dans le même sens. Selon cet agronome, avant l'hiver, deux livres de pommes de terre équivaudraient à une livre de foin; au printemps, la même quantité de tubercules ne pouvait plus remplacer qu'une demi-livre de foin. On tire de là 400 pour l'équivalent de la pomme de terre conservée.

J'ai trouvé en dosant l'azote du froment cultivé dans une bonne terre à blé, que son équivalent doit être représenté par 49, nombre que j'ai mis en opposition avec celui de 27 adopté par Block. A cette époque, je ne connaissais aucun autre équivalent pratique; mais depuis, j'ai reconnu que divers praticiens ont donné des nombres qui cadrent beaucoup mieux avec le résultat théorique.

Pétri donne 52 pour l'équivalent du froment,
Kranz . . 44,
Meyer . . 46,
Pabst . . . 40.

L'équivalent de Block, comparé à celui que j'avais

déduit, paraissait à quelques personnes beaucoup plus vraisemblable, en ce qu'on en concluait pour le froment une très grande valeur nutritive. C'est qu'en général, on est toujours disposé à considérer comme très nutritives les substances qui entrent communément dans le régime alimentaire. Le fait est que les tubercules, les graines des céréales, sont assez peu nourrissans. Si les animaux herbivores s'entretiennent et engraissent avec un semblable régime, cela est dû à ce que leur organisation leur permet d'en consommer une quantité considérable; mais ces mêmes alimens ne suffiraient plus pour entretenir la vie des animaux doués d'une organisation différente. Je doute fort que l'homme puisse se nourrir uniquement avec du pain. Je n'ignore pas que l'on cite des contrées où la pomme de terre, le riz, forment la nourriture exclusive des habitans; mais ces citations ne me paraissent pas complètes. En Alsace, par exemple, les paysans associent toujours aux pommes de terre une très forte proportion de lait caillé. Quelques voyageurs ont rapporté que les Indiens des hautes régions des Andes vivent seulement de pommes de terre : cela est inexact. A Quito, l'aliment quotidien du peuple est le *locro*, mets composé de pommes de terre cuites avec une forte dose de fromage.

Le riz est aussi prôné comme un aliment des plus nourrissans. J'ai long-temps vécu dans les pays qui produisent du riz, et par cela même je suis loin de le considérer comme une nourriture substantielle. Je l'ai toujours vu, dans l'usage ordinaire, remplacer le pain; et lorsqu'il n'est pas associé à la viande, on le consomme avec du laitage. Je me trouve ici, je le sais, en opposi-

tion avec plusieurs savans dont les opinions sont pour moi d'un grand poids; mais la discussion de la valeur nutritive du riz mérite d'être approfondie, parce que c'est un aliment dont l'usage, déjà très général, commence à s'introduire dans les subsistances militaires. On ne cesse de répéter que le riz est la seule nourriture des Indiens des Indes orientales; il ne paraît pas qu'il en soit tout-à-fait ainsi. Je citerai à ce sujet les observations d'un médecin très éclairé qui, durant une résidence dans l'Inde, a fait des mœurs et des habitudes des Indiens de Pondichéry une étude particulière; voici ce que rapporte, sur leur régime alimentaire, M. Lequerri :

« La nourriture de l'Indien est presque entièrement « végétale; le riz en fait la base; les castes inférieures « seules mangent de la viande.... Tous mangent du « kari... Le kari, composé de viande de poisson ou de « légumes, se mêle avec le riz cuit avec très peu d'eau. « Il faut avoir vu les Indiens manger pour se faire une « idée de l'énorme quantité de riz qu'ils engloutissent « dans leur estomac. Il serait impossible aux Européens « d'en manger autant à la fois; aussi trouvent-ils que le « riz ne les nourrit pas, et conservent-ils généralement « l'usage de manger du pain. »

D'après ce renseignement, qui m'a confirmé dans l'opinion peu avantageuse que je me suis faite du riz, j'ai cru devoir déterminer l'azote qu'il contient.

5gr,715 de riz ont perdu à la dessiccation 0,77 d'eau = 0,134.

0gr,600 de riz desséché ont donné azote 7 c. cubes, température 9°,5, baromètre 0,750.

Le riz desséché contient azote 0,0139; à l'état ordinaire 0,0120.

On voit que cette substance n'est guère plus azotée que le foin de prairie.

Si l'on représente l'équivalent nutritif de la farine de froment par 100,

L'équivalent du riz sera . . . 177;

L'équivalent des pois est . . . 67,

Id. des haricots . . . 56,

Id. des lentilles . . . 57.

Ainsi, dans l'alimentation, la théorie indique que 1 kilogramme de haricots devrait être remplacé par plus de 3 kilogrammes de riz. Cette conséquence est purement théorique; mais elle est néanmoins de nature à provoquer des recherches expérimentales sur la valeur nutritive du riz.

La différence qui existe entre l'équivalent théorique du trèfle et le nombre donné par l'observation, me porte également à revenir sur ce fourrage; mais avant d'examiner le trèfle de 1837, j'ai cru devoir fixer l'azote du foin de prairie de la même année.

Ce foin contient sec, azote 0,0130; à l'état ord. 0,0115.
En 1836, j'ai eu . . . . 0,0118 . . . . 0,0104.

Ces résultats sont bien peu différens; toutefois, j'adopterai la dernière détermination pour calculer les équivalens des substances récemment examinées, et qui toutes ont été récoltées dans le cours de la même année.

J'ai réuni dans le tableau n° 1 tous les détails des expériences. A côté des équivalens théoriques, je place

les équivalens pratiques qui s'en approchent le plus.

(1 et 2) Le trèfle en fleur a été fauché le 16 août. Ces nouveaux résultats s'accordent avec les anciens pour donner au trèfle une valeur nutritive supérieure à celle qui lui est assignée par la pratique.

(3) Regain de foin de prairie. On croit communément que le regain est moins nourrissant que le foin de première coupe. Cependant, à Bechelbronn on est autorisé à penser autrement ; le regain contient peu de parties ligneuses ; et dans la nourriture des vaches, c'est avec un avantage décidé que nous le substituons au foin. Block ne partage pas au reste l'opinion commune ; il porte l'équivalent du regain à 93.

(4) Feuilles de betteraves champêtres. Pour ce fourrage, la théorie est complétement en désaccord avec la pratique ; le tort est évidemment du côté de la théorie. Nous considérons ici la feuille de betterave comme un fourrage dangereux ; les vaches qui en mangent sont aussitôt atteintes de diarrhée. Nous laissons ces feuilles comme engrais sur le champ de betteraves.

(4-5) Les feuilles de peuplier et de chêne ont été cueillies en août ; j'indique cette circonstance, parce que l'époque de la cueillette influe beaucoup sur leurs propriétés nutritives.

(6) Le son examiné est de première qualité ; on peut obtenir des sons beaucoup moins riches en farine.

Dans un tableau n° 2, j'ai réuni tous les équivalens théoriques que j'ai déterminés aux équivalens pratiques que j'ai pu me procurer. Pour former ce tableau, j'ai consulté les ouvrages de Thaer et de Schwertz, et surtout un excellent tableau publié par M. Antoine, pro-

fesseur à Roville. Pour saisir plus facilement les rapports qui existent entre la valeur nutritive des fourrages, je représente l'équivalent du foin par 10.

Il est vraisemblable qu'il faut attribuer les différences souvent très grandes que l'on remarque dans l'équivalent d'une même substance à son état plus ou moins aqueux. La nature du sol, une saison plus ou moins humide, le climat, doivent être considérés comme autant de causes qui influent sur la quantité d'eau contenue dans les végétaux, et partant, sur leur propriété nutritive. Pour obtenir des résultats vraiment comparables, il faudrait déterminer préalablement la quantité d'humidité renfermée dans les substances alimentaires que l'on examine comparativement sous le rapport de leur vertu nutritive, et l'équivalent qui se déduirait de l'observation devrait toujours être rapporté à la nourriture sèche. En procédant ainsi, je ne doute nullement que le désaccord qui existe souvent pour l'équivalent d'une même substance, déterminé par différens observateurs, ne disparût en grande partie.

C'est dans le but de faciliter les recherches de ce genre que j'ai formé le tableau n° 3. On y trouve réunis les équivalens théoriques des substances desséchées à 100°. En examinant avec quelque attention les nombres inscrits dans ce tableau, on reconnaît bientôt qu'il est possible de diviser les fourrages d'après leur richesse en principes nutritifs, en formant des groupes dans lesquels on réunirait les substances qui contiennent à peu près la même proportion d'azote. Par exemple, on peut assembler dans une même série les foins, en y comprenant les fanes des légumineuses, la paille de millet, la balle

de froment. Toutes ces matières renferment de 0,013 à 0,019 d'azote. Le foin de vesce fait cependant exception.

On peut également grouper les pailles proprement dites, dans lesquelles l'azote varie de 0,002 à 0,005.

Les feuilles, les tubercules, les racines, les graines de céréales, le son de froment, substances qui contiennent environ 0,02 d'azote, peuvent très bien être réunies.

Enfin, le dernier groupe serait formé des graines de légumineuses renfermant de 0,042 à 0,055 d'azote; on y joindrait le chou, le colrave et les tourteaux.

J'ai formé sur cette classification des substances alimentaires données aux animaux le tableau n° 4, dans lequel on trouve, d'une part, la quantité moyenne d'azote contenue dans les substances desséchées, et de l'autre, l'équivalent qui répond à cette quantité. Je pense que ce tableau est suffisant pour la pratique; il est vrai que pour s'en servir, il faudra toujours déterminer l'humidité du fourrage dont on voudrait chercher l'équivalent approché, mais, comme je l'ai déjà fait remarquer, cette précaution est indispensable pour obtenir des résultats comparables.

TABLEAU N° I.

SUBSTANCES.	Poids soumis à la dessiccation.	Eau perdue pendant la dessiccation.	Eau contenue dans 1 de substance.	Quantité soumise à l'analyse.	Azote produit.	Température.	Baromètre.	Azote dans la substance sèche.	Azote dans la substance non desséchée.	Equivalens théoriques.	Equivalens pratiques.	AUTEURS qui ont donné les équivalens pratiques.
	gram.	gram.		gr.	c. c.	degr.	mètr.					
Foin	10,00	1,12	0,112	0,6	7,0	10,0	0,745	0,0130	0,0115	100	100	
Trèfle avec sa fleur (1)	5,85	0,59	0,101	0,6	8,7	8,0	0,727	0,0170	0,0154	75	90	Thaer, Petri, Crud.
Trèfle avec fleur en vert (2)	10,00	8,02	0,802	»	»	»	»	»	0,0034	338	425	Pabst.
Regain de foin (3)	2,14	0,36	0,169	0,6	9,5	10,5	0,745	0,0185	0,0154	75	95	Block.
Vesces avec fleur	3,30	0,33	0,100	»	»	»	»	»	»	38	90	Crud.
Paille de pois	4,70	0,40	0,085	0,6	10,0	10,5	0,744	0,0193	0,0179	64	90	Pohl.
Paille de millet	4,05	0,77	0,190	0,6	5,0	10,0	0,732	0,0096	0,0078	147	250	Petri.
Paille de sarrazin	2,07	0,28	0,116	0,5	2,3	9,5	0,745	0,0054	0,0048	240	200	Petri.
Tiges et feuilles de topinambour	20,00	17,22	0,864	0,5	11,7	9,5	0,728	0,0270	0,0037	311	325	Pabst
Feuilles de tilleul	10,00	5,50	0,550	0,6	17,0	9,0	0,751	0,0325	0,0146	79	75	Block.
Feuilles de peuplier du Canada (4)	10,00	5,85	0,625	0,6	12,0	10,0	0,728	0,0229	0,0086	134	67	Block.
Feuilles de chêne (5)	20,00	11,47	0,574	0,6	11,5	10,0	0,729	0,0216	0,0092	125	83	Block.
Feuilles de carottes	20,00	14,19	0,709	0,6	15,5	9,5	0,728	0,0294	0,0085	135	»	
Feuilles de pommes de terre	26,00	22,54	0,859	0,5	9,5	10,0	0,745	0,0229	0,0032	359	300	Petri.
Feuilles de betteraves	14,05	11,85	0,851	0,5	19,0	7,5	0,745	0,0451	0,0067	172	600	Block, Crud, Pabst.
Pommes de terre anciennes	20,00	15,35	0,768	0,6	6,0	7,0	0,751	0,0118	0,0028	411	400	Block.
Colrave	20,00	18,18	0,909	0,5	19,5	11,0	0,745	0,0456	0,0042	276	300	Weber.
Tourteau de lin	5,75	0,76	0,134	0,5	25,5	9,0	0,750	0,0600	0,0520	22	42	Block.
Betterave blanche de Silésie	20,00	17,13	0,856	0,6	7,5	9,5	0,728	0,0143	0,0021	548	220	De Dombasle.
Son de froment (6)	3,48	1,29	0,371	0,6	11,0	9,5	0,750	0,0218	0,0136	85	105	Block.
Balles de froment	1,72	0,13	0,076	0,6	5,0	10,5	0,728	0,0094	0,0085	135	160	Block.
Paille de lentilles	3,92	0,36	0,092	0,6	5,7	10,5	0,743	0,0011	0,0101	114	130	Thaer.

TABLEAU N° III.

Substances desséchées à 100°.	Azote contenu.	Equivalens : le foin sec = 10.	Substances desséchées à 100°.	Azote contenu.	Equivalens : le foin sec = 10.
Foin.	0,0130	10,0	Topinambours. .	0,0220	5,9
Trèfle en fleur	0,0170	7,6	Carottes. . . .	0,0240	5,4
Vesce en fleur	0,0336	3,9	Betteraves champ.	0,0270	4,8
Luzerne	0,0166	7,8	Betterav. de Silésie	0,0143	9,1
Regain de foin	0,0185	7,0	Navets	0,0220	5,9
Paille de froment	0,0030	43,3	Colrave	0,0466	2,8
Paille de seigle	0,0020	65,0	Féverolles . . .	0,0550	2,4
Paille d'avoine	0,0036	36,1	Pois	0,0408	3,2
Paille d'orge	0,0026	50,0	Haricots. . . .	0,0430	3,3
Paille de vesce	0,0157	8,3	Lentilles. . . .	0,0440	2,9
Paille de sarrazin	0,0054	24,1	Vesces	0,0513	2,3
Paille de lentilles	0,0111	11,8	Maïs	0,0200	6,5
Paille de pois.	0,0195	6,7	Sarrazin	0,0240	5,4
Paille de millet	0,0096	13,5	Froment. . . .	0,0238	5,5
Choux blancs.	0,0370	3,5	Seigle	0,0229	5,7
Feuilles de betteraves . . .	0,0462	2,8	Orge.	0,0202	6,5
Feuilles de carottes. . . .	0,0294	4,4	Avoine	0,0222	5,9
Feuilles de pommes de terre.	0,0229	5,7	Farine de froment	0,0260	4,5
Feuilles de peuplier du Canada	0,0229	5,7	Farine d'orge . .	0,0220	5,9
Feuilles de chêne	0,0216	6,0	Son de froment .	0,0218	6,0
Feuilles de topinambour . .	0,0270	4,8	Tourteau de colza	0,0550	2,4
Pommes de terre nouvelles .	0,0180	7,2	Tourteau de lin .	0,0600	2,2
Pomme de terre anciennes. .	0,0118	11,0			

TABLEAU N° IV.

SUBSTANCES DESSÉCHÉES.	Contenu moyen en azote.	Equivalens moyens : foin sec = 10.
Premier groupe. Foins : de prairies, de trèfle, de luzerne, regain. Pailles : de lentilles, de pois, de millet, de vesce. Balles de froment.	0,0143	10
Deuxième groupe. Pailles de froment, de seigle, d'avoine, d'orge, de sarrazin	0,0035	44
Troisième groupe. Feuilles : de carottes, de pommes de terre, de peuplier du Canada, de chêne, de topinambours. Pommes de terre, topinambours. Carottes, betteraves, navets. Maïs, sarrazin, froment, seigle, orge, avoine, son de froment.	0,0230	6
Quatrième groupe. Féverolles, pois, haricots, lentilles, vesce. Choux, colrave. Tourteau de lin et de colza.	0,0430	5

SUITE DU TABLEAU PRÉCÉDENT.

NOMS DES ALIMENS.	La théorie.	Block.	Petri.	Thaer.	Pabst.	Meyer.	Flotow.	Pohl.	Rieder.	Gemerhausen.	Crud.	Weber.	De Dombasle.	Krantz.	Schwertz.	Schnee.	Midleton.	Morre.
Carottes	35	37	25	30	25	25	»	27	27	27	26	27	31	27	27	»	34	»
Betteraves champêtres	40	37	40	46	25	25	30	»	»	46	26	»	26	»	35	»	»	»
Betterave blanche de Silésie	55	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	22	»	»	»	»	»
Navets	61	55	60	32	45	29	30	35	35	35	35	30	»	»	45	»	30	67
Colraves	28	30	20	»	»	»	»	35	»	»	»	30	»	»	»	»	»	»
Choux blancs	37	»	45	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Paille de vesces	7	»	»	8	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	16	»	»	»
Vesces	2	3	5	»	4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Féverolles	2	3	5	»	4	5	»	»	5	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Pois	3	3	5	»	4	5	»	»	5	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Haricots	2 1/2	»	4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Lentilles	3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Maïs	6	»	5	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Sarrazin	5	»	6	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Froment	5	3	5	6	»	5	»	»	»	»	»	»	»	4	4	»	»	»
Seigle	5	3	5 1/2	»	5	5	4	4	5	»	»	»	»	6 1/2	»	5	»	»
Orge	6	3	6	»	5	5	»	»	5	»	»	»	5	»	»	»	»	»
Avoine	5	4	7	»	6	»	»	5	5 1/2	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Farine de froment	5	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Farine d'orge	6	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

TABLEAU N° III.

Substances desséchées à 100°.	Azote contenu.	Equivalens : le foin sec = 10.	Substances desséchées à 100°.	Azote contenu.	Equivalens : le foin sec = 10.
Foin.	0,0130	10,0	Topinambours. .	0,0220	5,9
Trèfle en fleur	0,0170	7,6	Carottes. . . .	0,0240	5,4
Vesce en fleur	0,0336	3,9	Betteraves champ.	0,0270	4,8
Luzerne	0,0166	7,8	Betterav. de Silésie	0,0143	9,1
Regain de foin	0,0185	7,0	Navets	0,0220	5,9
Paille de froment	0,0030	43,3	Colrave	0,0466	2,8
Paille de seigle	0,0020	65,0	Féverolles . . .	0,0550	2,4
Paille d'avoine	0,0036	36,1	Pois	0,0408	3,2
Paille d'orge	0,0026	50,0	Haricots. . . .	0,0430	3,3
Paille de vesce	0,0157	8,3	Lentilles. . . .	0,0440	2,9
Paille de sarrazin	0,0054	24,1	Vesces	0,0313	2,5
Paille de lentilles	0,0111	11,8	Maïs	0,0200	6,5
Paille de pois.	0,0198	6,7	Sarrazin	0,0240	5,4
Paille de millet	0,0096	13,5	Froment. . . .	0,0238	5,5
Choux blancs.	0,0370	3,5	Seigle	0,0229	5,7
Feuilles de betteraves . . .	0,0462	2,8	Orge.	0,0202	6,5
Feuilles de carottes. . . .	0,0294	4,4	Avoine	0,0222	5,9
Feuilles de pommes de terre.	0,0229	5,7	Farine de froment	0,0260	4,5
Feuilles de peuplier du Canada	0,0229	5,7	Farine d'orge . .	0,0220	5,9
Feuilles de chêne	0,0216	6,0	Son de froment .	0,0218	6,0
Feuilles de topinambour . .	0,0270	4,8	Tourteau de colza	0,0550	2,4
Pommes de terre nouvelles .	0,0180	7,2	Tourteau de lin .	0,0600	2,2
Pomme de terre anciennes. .	0,0118	11,0			

TABLEAU N° IV.

SUBSTANCES DESSÉCHÉES.	Contenu moyen en azote.	Equivalens moyens : foin sec = 10.
Premier groupe. Foins : de prairies, de trèfle, de luzerne, regain. Pailles : de lentilles, de pois, de millet, de vesce. Balles de froment.	0,0143	10
Deuxième groupe. Pailles de froment, de seigle, d'avoine, d'orge, de sarrazin	0,0033	44
Troisième groupe. Feuilles : de carottes, de pommes de terre, de peuplier du Canada, de chêne, de topinambours. Pommes de terre, topinambours. Carottes, betteraves, navets. Maïs, sarrazin, froment, seigle, orge, avoine, son de froment.	0,0230	6
Quatrième groupe. Féverolles, pois, haricots, lentilles, vesce. Choux, colrave. Tourteau de lin et de colza.	0,0430	5

Recherches expérimentales sur les Quantités d'Actions dynamiques et statiques que produit l'Oxidation d'un milligramme de Zinc, et sur le Rapport qui existe entre ces deux ordres de phénomènes;

PAR M. PELTIER.

J'ai souvent insisté sur la nécessité de distinguer les phénomènes électriques en deux ordres : l'un renfermant les phénomènes d'électricité statique ou en repos, l'autre renfermant les phénomènes d'électricité dynamique ou en mouvement. Les faits qui se rattachent à l'un de ces ordres, n'ont aucune analogie avec les faits de l'autre ordre; jamais le même rayon électrique ne peut produire des phénomènes appartenant aux deux à la fois; ce n'est que lorsque le courant a cessé d'être par une interruption forcée, qu'un effet statique apparaît; de même, ce n'est que lorsqu'on donne écoulement à la cause de l'effet statique, que l'effet dynamique est reproduit, mais les deux effets ne sont jamais et ne peuvent être produits simultanément par la même portion du courant électrique. Lorsque ces deux effets apparaissent à la fois, comme cela arrive avec un conducteur insuffisant, la portion qui passe ne produit que des effets dynamiques, et la portion arrêtée que des effets statiques. Ce sont deux phénomènes distincts produits par des causes immédiates différentes, qui ne sont elles-mêmes que des effets d'une cause unique antérieure. L'habitude de donner le même nom à ces deux ordres de phénomènes si éloignés l'un de l'autre dans leurs effets, a jeté et jette encore une grande perturbation dans l'explication des phénomènes électriques; j'espère que dans un temps assez rapproché j'aurai rassemblé toutes les preuves néces-

saires à une meilleure appréciation de ces phénomènes, et laisser ainsi moins de vague dans leur interprétation. Dans ce mémoire, je veux apporter une preuve de plus de la séparation réelle de ces deux ordres de phénomènes et aplanir ainsi la voie, comme nous l'avons déjà fait par un grand nombre de faits nouveaux, à l'interprétation plus rationnelle des phénomènes électriques de l'un et de l'autre ordre.

L'ancienne science électrique n'était fondée que sur les phénomènes statiques, et ne faisait aucune distinction des phénomènes dynamiques qui apparaissaient de temps à autre. La branche nouvelle que Galvani y a introduite à la fin du siècle dernier, contenait pour un grand nombre de physiciens de cette époque, un nouvel ordre de phénomènes qu'il ne fallait pas confondre avec ceux de l'électricité, telle qu'on la connaissait. Malheureusement les faits n'étaient point assez nombreux et leur insuffisance était remplacée par des suppositions gratuites, qui portèrent préjudice à l'interprétation véritable des nouveaux phénomènes observés. Les explications que Galvani et ses partisans donnèrent de leurs propres observations parurent peu concluantes, et il fallait d'autres faits pour savoir si ces observations appartenaient à un nouvel ordre de phénomènes électriques, ou si elles n'étaient qu'une dépendance nouvelle de l'ancienne science. Volta, ayant armé l'électroscope de plateaux condensateurs, en fit diverger les pailles au moyen d'un arc de zinc, et il reconnut que l'électricité négative, que le collecteur avait recueillie, était de même nature que celle qu'on obtient de la friction. Ce fait fut pour Volta et pour beaucoup de physiciens un fait capital qui décidait à tout jamais l'identité de nature des électricités

galvanique et ordinaire; cette identité parut tellement évidente, que son énoncé passa pour l'expression d'une vérité incontestable. La science électrique n'était à cette époque, comme nous l'avons dit, que la coordination des phénomènes d'électricité statique; elle ne cherchait l'explication que des résultats d'attraction ou de répulsion des corps et des étincelles qui s'en échappaient, il était donc naturel de chercher à ramener à un ensemble de faits connus, les nouveaux faits qu'on trouvait et qui y tenaient réellement par un point d'origine, quoiqu'il eût été préférable de ne voir dans les contractions de la grenouille et dans la divergence des pailles d'un électroscope, que deux faits distincts que rien ne liait que la source commune qui les produisait. Volta, au contraire, a dit qu'ils étaient le même phénomène, par cela seul qu'il les faisait naître du même instrument; c'est cet énoncé d'une analogie qui n'existe pas, qui pèse encore sur la science de tout son poids.

Après que le génie de Volta eut donné à la science les piles qui portent son nom, la divergence des pailles obtenue directement, et les étincelles entre les pôles rapprochés ne laissèrent plus de place au doute, c'était bien la même électricité, la même substance qui faisait diverger les pailles de l'électroscope, et qui produisait des contractions. Wollaston ayant décomposé l'eau par l'électricité ordinaire, et plus tard M. Colladon ayant fait dévier l'aiguille aimantée au moyen d'un écoulement ménagé de cette électricité, l'identité des deux ordres de phénomènes électriques parut complète. Depuis, M. Faraday, dans la série de ses recherches expérimentales, a de nouveau tiré la même interprétation des mêmes faits, et ses conclusions furent aussi que *l'électricité de ten-*

sion était la même que *celle de mouvement*. Cependant, si l'on suit avec attention les diverses interprétations que ce savant tire des faits, on le voit se servir de plusieurs hypothèses à la fois. Tantôt ce sont les deux fluides qui agissent avec les particularités dont on les a doués, ailleurs ce sont des mouvemens, des vibrations, peut-être, et enfin il vient de considérer l'électricité de tension, obtenue par influence (Bibliot. univ., mars 1838), comme une polarisation, une direction uniforme des pôles des molécules électriques, ou du sens du mouvement, séparant ainsi par le fait l'électricité statique de l'électricité dynamique, qu'il avait déclaré dans la troisième série de ses recherches être la même électricité.

Une fois bien convaincu que ces deux ordres de phénomènes étaient le produit d'une même cause, de la présence d'une même substance, il paraissait indifférent de mesurer l'action d'une des deux forces par l'autre force, c'est-à-dire de mesurer la quantité d'action dynamique par des quantités statiques *et vice versa*. Mais, comme d'une part l'électricité statique ne produit rien, n'a pas d'autre effet que d'attirer ou de repousser des corps légers, qu'elle se garde et se coerce sur des surfaces facilement mesurables, et que d'une autre part, l'électricité dynamique ne peut ni se garder, ni se coercer sur aucune surface mesurable, qu'elle seule décompose, qu'elle seule produit des effets variés ; ce sont alors les effets dynamiques qu'on a voulu estimer en prenant pour bases les quantités d'électricité statique contenues sur des surfaces mesurées, et on a dit qu'il faudrait tant de mètres carrés d'électricité statique, pour produire tel effet dynamique, pour produire, par exemple, la décomposition d'un gramme d'eau.

Dans la 7e série de ses recherches, M. Faraday dit qu'il faut 800000 charges d'une batterie de 8 jarres chargée par 30 tours d'une forte machine pour décomposer un grain d'eau (3e série 371, et 7e série 852-862). Quelle que soit ma vénération pour ce savant physicien, il m'est impossible d'admettre une estimation ainsi faite. D'abord, la décharge d'une puissante batterie peut traverser une colonne d'eau sans produire de décomposition; cet effet a lieu lorsqu'on rend la décharge instantanée, tandis que si l'on modère l'écoulement de cette décharge, si on le rend lent et continu, on obtient des actions chimiques d'autant plus fortes, que le courant a été plus constant et plus régulier. Enfin, avant de se servir des unités d'un ordre de phénomène pour mesurer les unités de l'autre ordre, il fallait établir par des expériences spéciales le rapport qui existe entre les quantités dynamiques qu'on arrête et coerce dans leur circuit et l'effet statique qu'elles produisent par cette transformation; ou bien transformer des quantités statiques en dynamiques mesurées. Sans ces recherches préalables, on ne peut conclure de l'un à l'autre ordre, puisque les effets spéciaux de ces deux ordres de phénomènes sont en opposition complète, comme le montre le tableau suivant.

Tableau des deux ordres de phénomènes électriques.

ÉLECTRICITÉ STATIQUE.	ÉLECTRICITÉ DYNAMIQUE.
L'*électricité statique* est double; chacune se recueille, se coerce et se conserve séparément; elles ne se manifestent que dans cet état d'isolement et immédiatement après leur séparation. On ne peut les garder ainsi séparées que par le moyen de substances non conductrices, et leur action dure alors aussi long-temps que leur isolement.	L'*électricité dynamique* ne se dédouble pas, et ce n'est que par analogie qu'on a supposé deux courans; elle ne peut ni se recueillir séparément, ni se coercer, ni se conserver; elle se manifeste dans l'instant indivisible de sa production à travers les corps conducteurs isolés ou non: pour avoir un effet continu, il faut que la cause produise elle-même d'une manière continue.

ÉLECTRICITÉ STATIQUE.

Cette électricité s'accumule aux surfaces et s'y répand également lorsqu'elles sont uniformes; dans le cas d'inégalité de formes, l'accumulation est d'autant plus grande que les surfaces sont plus aiguës. Deux sphères de même dimension, l'une vide, formée d'une paroi excessivement mince, et l'autre pleine, coercent et conservent une égale quantité d'électricité; de là, la quantité que les corps en prennent à une source constante est en rapport direct avec l'étendue uniforme de leur surface. Ainsi, deux corps, d'égale longueur et d'égal poids, mais l'un rond et l'autre plat, laminé très mince; c'est ce dernier, comme ayant plus de surface, qui prend et coerce le plus d'électricité statique.

Lorsque deux corps sont chargés de la même électricité, ils s'éloignent l'un de l'autre, soit que cet effet provienne d'une répulsion réelle, ou de la résultante opposée de l'attraction des corps ambians; s'ils sont chargés d'électricité contraire, ils s'attirent, se neutralisent réciproquement au contact : si les corps électrisés sont mis en communication avec le centre commun, tout signe d'électricité disparaît.

Les corps chargés de l'une ou de l'autre de ces deux électricités ne produisent qu'une action d'influence, puis d'attraction sur les corps neutres. Ils développent, par leur influence, l'électricité contraire sur la face en regard, et repoussent l'électricité de même nom à l'autre extrémité; s'ils les touchent, ils partagent avec eux leur charge électrique et les repoussent aussitôt.

ÉLECTRICITÉ DYNAMIQUE.

Cette électricité se propage par l'intérieur des corps, et d'autant mieux que leur section est plus grande; sa propagation croît avec le nombre des atomes qui entrent dans le corps conducteur quelle que soit sa surface, si elle est régulière et non dentelée.

Son action sur elle-même est l'attraction des courans semblables et la répulsion des courans dissemblables : le contact des conducteurs ne produit ni partage ni neutralisation; aucune communication extérieure n'altère sa propagation dans un circuit fermé, à moins que la communication surajoutée ne soit elle-même un arc dérivé de la totalité de ce circuit.

Son action sur les corps voisins est diverse : elle aimante le fer et l'acier, dévie perpendiculairement les barreaux aimantés, puis les attire et les retient au contact, action qu'elle n'a pas sur les autres corps. Elle change l'équilibre moléculaire des métaux par induction comme le fait la présence d'un aimant; au moment de ce changement d'état, soit à l'origine de l'induction, soit à la cessation, il s'établit un courant instantané dans les circuits fermés; lorsqu'on ferme le circuit, le courant induit est inverse au courant primitif, et en est conséquemment repoussé. Cette électricité altère la température des corps, vaporise ou dé-

ÉLECTRICITÉ STATIQUE.

A l'état naturel et d'équilibre parfait, les métaux possèdent des quantités inégales d'électricité statique. Lors donc que l'on met deux métaux en contact, ils agissent diversement sur les corps voisins et modifient leur aptitude à prendre l'une ou l'autre électricité. Si on communique de l'électricité à un tel couple, cette électricité ne se répartit pas également sur lui : mais en raison de la puissance coercitive naturelle de chacun des métaux qui le composent.

Une quantité donnée d'électricité statique peut produire des effets faibles ou intenses, selon que les surfaces de l'instrument sont étendues ou restreintes : on appelle *tension* la puissance statique de cet ordre de phénomènes, qui consiste en une *attraction* ou en une *répulsion* plus ou moins grande.

On ne recueille des corps mauvais conducteurs frottés ou clivés que de l'électricité statique ; on n'en peut recueillir des bons. Lorsqu'on interpose un conducteur imparfait dans un courant, une portion de ce dernier s'éteint ne pouvant vaincre son inertie ; on peut recueillir alors à chaque extrémité quelque peu d'*électricité statique*, dans un certain rapport avec la résistance du conducteur, et celle de la neutralisation en retour.

Tout électromoteur simple ou composé pouvant produire une électricité dynamique *intense*, dé-

ÉLECTRICITÉ DYNAMIQUE.

compose ceux qu'elle traverse, ou provoque de nouvelles combinaisons selon sa quantité et son intensité, et les circonstances secondaires concomitantes.

Dans l'ordre dynamique les substances ne diffèrent que par une puissance conductrice et non conservatrice : cette puissance n'est nullement altérée par des courans voisins, ni même par d'autres courans qui les traversent.

Pour rendre faibles ou intenses les effets d'une quantité donnée d'électricité dynamique, il faut en rendre facile ou difficile la neutralisation en retour ; l'étendue des surfaces et la quantité de substance de l'instrument n'entrent pour rien dans ces effets. On considère deux états dans un courant électrique : sa *quantité*, qui est mesurée directement par la déviation de l'aiguille aimantée ; son *intensité*, c'est-à-dire, sa puissance de vaincre les mauvais conducteurs, qui est mesurée par l'interposition de diaphragmes en platine, interposés dans une auge pleine d'un liquide conducteur.

Les piles thermo-électriques étant formées de bons conducteurs, produisent une *électricité dynamique* nombreuse, mais ne donnent qu'une *électricité statique* presque inappréciable lorsqu'on en isole ses pôles.

L'écoulement de l'*électricité statique* reproduit tous les effets dynamiques ; c'est en ralentissant

ÉLECTRICITÉ STATIQUE.	ÉLECTRICITÉ DYNAMIQUE.
ne, à chacun de ses pôles isolés, de l'*électricité statique* qui ne se retrouve plus aussitôt la communication établie. L'*électricité statique* des pôles est d'autant plus considérable que les couples sont plus nombreux; cette quantité augmente au moins comme le carré des couples ajoutés.	et réglant d'une manière uniforme cet écoulement que l'on obtient les effets les plus nombreux. Le nombre des élémens d'une pile n'ajoute rien à la quantité de l'électricité dynamique qui traverse un circuit sans résistance; cette électricité n'est pas plus nombreuse que celle produite par un seul des élémens de la pile, seulement, elle a à un plus haut degré cette autre qualité qu'on a nommée *intensité*, c'est-à-dire, le pouvoir de vaincre les mauvais conducteurs. Cette *intensité* est en raison simple du nombre des couples.

L'inspection de ces deux tableaux démontre une opposition constante, dans la naissance, la marche et la nature de ces deux ordres de phénomènes électriques; elle indique que des différences aussi fondamentales ne peuvent reconnaître la même cause immédiate; c'est donc par un abus de langage qu'on a donné le même nom à des phénomènes si différens, qu'on a voulu qu'une même cause, qu'une substance parfaitement identique, puisse produire dans l'un une répulsion et une attraction dans l'autre; faire rechercher les surfaces dans un ordre, et les quantités pondérales dans un autre ordre; se garder, se coercer d'un côté, et n'avoir qu'une existence indivisible à sa création de l'autre; là n'avoir qu'un effet unique sur tous les corps, ici en avoir une grande diversité dans laquelle n'entre pas l'effet du premier ordre; enfin, n'être jamais coexistans, mais successifs, l'un n'apparaissant que lorsque l'autre cesse d'exister. Cependant, comme ces deux ordres de phénomènes ressortent des mêmes sources de production et se succèdent l'un à l'autre, il est nécessaire de connaître le rapport de leurs unités de mesure, ramenées à une des

sources productives de l'électricité. J'ai choisi l'oxidation d'un milligramme de zinc, et j'ai mesuré combien elle donnait d'*unités dynamiques* ou d'*unités statiques*, et conséquemment combien il faut d'*unités dynamiques* pour produire une *unité statique*, ou, au contraire, combien il faut d'*unités statiques* rendues à l'écoulement, pour produire une *unité dynamique*. C'était reprendre une question que M. Faraday s'était déjà posée, mais qu'il avait plutôt résolue par induction, que par des expériences directes; j'ai voulu l'étudier d'une manière plus précise et plus générale, avec des instrumens appropriés et mesureurs; je crois être ainsi parvenu à des approximations plus satisfaisantes que celles qu'a indiquées ce savant. On verra plus bas, par le détail des expériences, l'importance de cette mesure, et que de cette comparaison il ressort une nouvelle opposition de lois, qui devra être inscrite au tableau précédent. Ce résultat nous servira aussi dans le travail sur les causes des phénomènes électriques que nous publierons bientôt. L'énorme différence que M. Faraday a entrevue entre les quantités d'action, suivant qu'on fait servir l'électricité produite par la décomposition d'un grain de substance à un phénomène statique ou à un phénomène dynamique, a fait penser au savant anglais que l'électricité de tension développée par influence n'était qu'un phénomène de polarité électrique, c'est-à-dire, n'était qu'une position commune que prenaient toutes les molécules électriques, et non un transport ou un déplacement de substance (1). Les expériences que nous allons rapporter feront apprécier cet énoncé, et nous mettront

---

(1) Bibliothèque universelle, Faraday, II[e] série, mars 1838.

sur la voie d'une autre interprétation que nous présenterons dans un travail subséquent.

Je dois d'abord faire connaître les appareils dont je me suis servi, et quelles sont les unités que j'ai dû adopter, pour établir les rapports de ces divers phénomènes.

Pour la mesure de l'électricité statique, je me suis servi de l'électromètre dont j'ai donné la description dans les Annales de Chimie et de Physique, tome LXII, page 422, à laquelle je renvoie. C'est, comme on sait, une aiguille légère en cuivre, placée au moyen d'un pivot d'acier vertical, latéralement à une tige en cuivre fixe, l'aiguille et la tige sont toutes deux horizontales; cette dernière traverse un socle, au milieu d'un tampon de résine, et offre extérieurement un bout libre sur lequel on peut ajuster toute espèce d'appareils; un cercle gradué placé sur le socle indique les degrés de l'arc de déviation que fait l'aiguille mobile avec la tige fixe, lorsqu'on a donné une charge électrique à cette dernière; un fil d'acier légèrement aimanté, placé au centre du pivot, ramène l'aiguille dans sa position primitive, lorsqu'aucune force électrique ne la repousse; une cage recouvre ce qui est au dessus du socle, et ne laisse libre que la portion de tige qui traverse la paroi de ce dernier. J'ai fait une petite modification à cet électromètre dont je dois rendre compte; quelque légères que soient les aiguilles indicatrices, leur poids occasionne un petit frottement sur la chappe d'acier trempé qui est soudée à l'extrémité intérieure de la tige fixe. Ce frottement donne à l'instrument une légère résistance qui l'empêche d'obéir aussitôt qu'on ajoute ou qu'on retranche de très petites quantités d'électricité. Pour corriger ce défaut, j'ai remplacé la chappe d'acier par une petite capsule en

platine de 7 à 8 millimètres de diamètre, et soudée au bout de cette même extrémité de la tige fixe; le pivot de l'aiguille mobile est remplacé par un fil de platine qui vient plonger dans l'acide sulfurique étendu, contenu dans la petite capsule; un fil de cocon dédoublé, attaché à une potence, supporte le poids de l'aiguille et ne laisse toucher le liquide acidulé que par l'extrémité du fil de platine. Par ce moyen, il n'y a plus d'inertie de frottement, et l'instrument obéit sur-le-champ aux plus faibles quantités d'électricité ajoutées ou retranchées. Sa sensibilité égale celle des meilleurs électroscopes à feuilles d'or, et il offre de plus l'avantage d'être mesureur, d'avoir une grande amplitude d'indication, et de garder son électricité des heures entières et même une journée avec une perte assez faible. J'ai pris pour *unité statique* un degré de la déviation de l'aiguille de cet instrument, rendue le plus sensible possible, en ne donnant au fil d'acier aimanté qui la ramène dans le méridien magnétique, que l'intensité strictement nécessaire à sa direction. Pour la mesure des courans, j'ai pris un multiplicateur de 3000 tours d'un fil de $0^{mm}15$, entouré de soie et verni à la gomme laque; les aiguilles de 5 centimètres de long, réunies en un système Nobili, font une oscillation et demie par minute. Ce nom de multiplicateur n'indique pas suffisamment l'office de cet instrument, il n'indique que la réduplication de l'effet primitif, sans dire de quelle nature est cet effet; ce nom pourrait donc s'appliquer à tout autre instrument qui multiplierait un effet de lumière, ou de son ou de tout autre phénomène naturel. En outre, pour mesurer les courans nombreux, il suffit d'un fil droit ou d'une lame de cuivre qui n'étant pas recourbée autour des aiguilles, ne peut multiplier la force initiale. Le nom

de galvanomètre est tout aussi impropre, puisqu'il indique la mesure de courans provenant d'actions chimiques, ce qui ne peut s'appliquer aux courans thermo-électriques, ni à ceux d'induction. Le nom de rhéomètre, proposé par M. Peclet dans la 3e édition de son Traité de Physique, me paraît plus convenable et répondre à tous les cas et à toutes les formes ; aussi est-ce la dénomination que j'emploierai de préférence pour désigner le mesureur des courans électriques, n'employant les noms de multiplicateur ou de galvanomètre quelquefois, que pour rappeler que ce sont les noms divers du même instrument. J'ai pris pour *unité dynamique,* ce qu'il faut de propagation électrique pour faire dévier d'un degré le système d'aiguilles de cet instrument ; d'après son extrême sensibilité aux moindres courans électro-chimiques, *un degré* est le minimum de force qu'on peut mesurer actuellement.

Le titre de ce mémoire indique qu'il est une autre *unité* indispensable, c'est l'unité électro-motrice, c'est-à-dire la quantité de substance dont il faut changer l'état actuel par un moyen quelconque, afin d'obtenir l'électricité nécessaire à produire l'unité statique ou l'unité dynamique que je viens d'indiquer. J'ai choisi le milligramme de zinc soumis à l'action oxidante de l'eau de Seine, parce que cette unité sera mieux comprise que celle que j'aurais tirée de la chaleur ou de l'induction. Enfin j'ai pris la *seconde* pour l'unité de temps. C'est avec ces quatre unités de convention que j'ai opéré, et elles m'ont servi à déduire les rapports qui existent entre les quantités d'effets provenant de la même unité électro-motrice, selon qu'on la fait servir à produire des effets statiques ou des effets dynamiques.

La première expérience que je fis pour connaître le rapport des unités statique et dynamique, fut de chercher à mesurer la charge de deux plateaux condensateurs au moyen du rhéomètre. Je vissai sur l'extrémité de la tige fixe un plateau collecteur de 13 centimètres 5, qui communiquait à une des extrémités du fil galvanométrique ; l'appareil était donc composé d'un électromètre armé de plateaux condensateurs, d'un rhéomètre électro-chimique, isolé sur un gâteau de résine, et un fil conducteur unissant une des extrémités du rhéomètre au plateau inférieur qu'on nomme collecteur ; à l'autre extrémité était attaché un fil de zinc. Je touchai de la main droite humectée le fil de zinc, et de l'autre main, également humectée, le platine du plateau supérieur ou condensateur. Je maintins le contact d'une à cinq secondes, et pendant tout ce temps je ne vis aucune déviation de l'aiguille du rhéomètre. Je retirai d'abord la main gauche, celle qui touchait le condensateur, puis la droite, et je séparai le fil conducteur du collecteur, au moyen d'une tige de résine, puis j'enlevai le condensateur par son manche isolant ; l'électricité accumulée sur le collecteur n'étant plus retenue par l'influence de l'électricité contraire du condensateur, se répartit sur tout l'appareil, et l'aiguille mobile dévia de 12°. Ainsi l'électricité produite par l'oxidation du zinc traversa un rhéomètre de 3000 tours, vint se condenser sur les plateaux de l'électromètre en quantité suffisante pour en faire dévier l'aiguille de 12°, et ne put faire dévier le rhéomètre d'une fraction de degré. Cette insensibilité du rhéomètre pour une charge statique de 12° me fit craindre que cette charge se faisant trop promptement, ne pût vaincre l'inertie du système d'aiguilles. Pour re-

tarder le passage de l'électricité et le régulariser, je la fis traverser un siphon capillaire d'un demi-millimètre de section et d'un mètre de long, rempli d'eau commune; des fils de platine de 0 millim. 5, touchant à peine la superficie du liquide, établissaient la communication avec le siphon. Avec cette disposition, il fallait 4 secondes pour obtenir le maximum d'effet statique : le rhéomètre interposé resta aussi muet que dans la première expérience. Certain que ce n'était pas l'inertie seule du système d'aiguilles qui était la cause de cette immobilité, je pris une bouteille de Leyde de 390 centimètres carrés d'armature extérieure, au bouton de laquelle j'attachai le fil de cuivre venant du rhéomètre, espérant que les surfaces en présence étant plus grandes et condensant ainsi plus d'électricité, j'aurais quelques légères déviations; c'était toujours un seul fil de zinc plongeant dans de l'eau commune qui formait mon électromoteur. Je ne fus pas plus heureux dans cette troisième expérience. Mon rhéomètre resta impassible. D'après les expériences que j'ai fait connaître l'année dernière, la tension statique, ou, ce qui est la même chose, la quantité d'électricité coercée sur un corps, étant comme le carré des couples joints en piles, je savais de quelle quantité j'augmenterais mon effet statique par la multiplication des couples. Je pris d'abord une petite pile de 18 couples, puis une de 30, puis une de 50, enfin je réunis en pile jusqu'à 200 couples que j'employai en totalité ou séparément. Avec 100 couples, je chargeai la bouteille de Leyde dont je viens de parler, et j'obtins une déviation rhéométrique de 1°. La même expérience répétée vingt fois, donna vingt fois le même résultat. Je pris ensuite une autre bouteille de Leyde,

donnant une superficie extérieure de 1420 centimètres carrés, et j'obtins 2° de déviation : enfin, avec une batterie beaucoup plus grande, j'obtins 8° de déviation. Ces expériences, plusieurs fois répétées, ne pouvaient me laisser aucun doute sur la quantité considérable d'électricité statique qu'il fallait pour donner un seul degré de déviation rhéométrique. Il me restait donc à savoir combien la charge de ma petite bouteille de Leyde contenait d'électricité, mesurée à mon électromètre-type, pour un seul degré rhéométrique.

La difficulté de connaître exactement la valeur des surfaces des bouteilles, m'a fait répéter l'expérience avec deux feuilles de verre, armées de chaque côté de feuilles d'étain, ayant chacune 63 centimètres de long sur 45,6 de large, ou 2866,5 centimètres carrés. Ma pile était de 200 couples eau de Seine, et je pris pour batterie ces deux carreaux armés, offrant ensemble 5733 centimètres carrés pour l'électricité positive, autant pour l'électricité négative. Les pôles de la pile étaient gardés en contact, afin de n'avoir pas d'accumulation de charge au moment de l'expérience, et d'obtenir ainsi le temps nécessaire à la déviation du système d'aiguilles. Lorsque je les séparais, un des pôles touchait une des extrémités du fil rhéométrique, l'autre extrémité étant en communication avec une surface de chaque carreau et l'électromètre; l'autre pôle communiquait directement aux deux autres surfaces.

Avec les 200 couples et les deux carreaux, l'électromètre dévia de 20° équivalant à 41° de forces, et le rhéomètre de . . . . . 10°

Avec un seul carreau, il dévia de 20° équivalant à 41°, et le rhéomètre de . . . . . 5°

Avec 100 couples et deux carreaux, il dévia de 9° équivalant à 10°5, et le rhéomètre de 5°

Avec un seul carreau, il dévia de 9° équivalant à 10°,5, et le rhéomètre de 2°,5

Après trois heures d'expériences, la pile avait faibli, l'électromètre ne donnait plus avec 200 couples et deux carreaux que 15°,5 équivalant à 25°,5, et le rhéomètre 6°,3

Avec un carreau, il dévia de 15°,5 équivalant à 25°,5, et le rhéomètre 3°,1

Avec 100 couples et deux carreaux, il dévia de 5°, et le rhéomètre 3°,1

Avec un carreau, il dévia de 5°, et le rhéomètre 1°,6

Ainsi, pendant que l'action statique est dans le rapport du carré des couples réunis, la déviation dynamique est en raison directe. Le mesureur du courant ou rhéomètre indique que ce qui passe est double, tandis que l'électromètre indique un effet quadruple d'électricité statique.

Maintenant que nous savons que la charge d'un carreau armé de 2866 centimètres carrés, suffisant pour faire dévier l'aiguille de l'électromètre de 15° 5, équivalant à une force de 25° 5, a fait dévier le multiplicateur ou rhéomètre de 3° 1, il faut estimer toute cette quantité d'électricité statique accumulée sur le carreau en degrés de l'électromètre, afin de connaître le rapport qu'il y a entre l'unité d'électricité statique que nous avons prise, et l'unité d'électricité dynamique. Pour arriver à connaître quelle quantité d'électricité il faut donner à l'armature du carreau pour que sa tension fasse dévier l'électromètre de 15° 5, j'ai déposé sur ce carreau

armé une série de petites charges électriques dont je connaissais la valeur. J'opérai de deux manières pour y parvenir, et l'une et l'autre m'ont donné des résultats assez rapprochés, dans une expérience aussi longue et aussi complexe, pour que je puisse regarder la moyenne comme suffisamment exacte et pouvant donner une idée approximative du rapport cherché. D'abord, au moyen d'une pile sèche de 1000 couples, faite depuis dix ans et entourée de soufre, de manière à ne recevoir aucune modification de l'air ni de l'humidité, j'en tins les pôles en contact pendant une minute, et touchai ensuite l'électromètre du pôle négatif isolé pendant 5 secondes, après lesquelles je rétablis la communication des pôles : l'aiguille dévia de 72°, équivalant à 887° de forces ; cette mesure étant obtenue, je déchargeai l'instrument en le mettant en communication avec l'armature du carreau ; l'électricité, en se répartissant sur cette grande surface, abandonna l'électromètre, l'aiguille tomba à 0. Je répétai la même opération, c'est-à-dire que je rendis de l'électricité à l'électromètre séparé du carreau au moyen de ma pile sèche, et la charge étant égale ou à peu près, je le déchargeai de nouveau en rétablissant le contact du carreau ; je répétai ainsi neuf fois cette opération ; à la neuvième fois, l'aiguille de l'électromètre ne revint plus à 0, elle s'arrêta à 3° et s'y maintint. La moyenne de ces neuf charges a été de 70° ou 819° de forces, ce qui, multiplié par 9, donne 7371°. J'ai ajouté cinq charges d'un plan d'épreuve pour compenser les pertes qui ont dû se faire pendant le temps de l'expérience et la tension acquise du carreau qui s'opposait à la décharge complète du pôle. Il résulte de ce qui précède que le carreau avait 7371° d'électricité au moment que sa tension marquait 3° à

l'électromètre. Ces 3° sont aux 25° 5 de la charge du courant, comme 7371 est à 62650. Ainsi lorsque les 200 couples ont donné une tension de 25° 5 au carreau, il contenait alors 62650 unités statiques. Le courant alors marquait 3° qu'il faut ramener à l'unité dynamique en divisant les 62650° statiques par 9, puisque les changemens statiques sont comme le carré des changemens dynamiques. Ainsi un degré rhéométrique est dans cette expérience l'équivalent de 6961 degrés statiques. L'autre moyen d'estimer la charge du carreau est le même, à quelques différences près. J'ai pris une pile sèche de 1800 couples, faite également depuis dix ans et entourée de soufre comme la première; un des pôles fut tenu isolé. J'ai pris à ce pôle une charge électrique avec une boule de 54 millimètres de diamètre; je la laissai 5 secondes en contact avec le pôle, puis les 5 secondes suivantes je la tenais en contact avec l'électromètre. Comme les premières charges eussent pu avoir des tensions plus fortes, je perdis les huit premières et je ne commençai à charger mon carreau que lorsque les charges donnaient le même arc de déviation. Chaque charge donnait alors 36°, ce qui équivaut en force à 152°. Il a fallu 50 charges pareilles pour obtenir 3° de déviation à l'électromètre, qui était en communication avec le carreau. J'ai ajouté une charge pour les pertes et la tension acquise, comme je l'ai dit plus haut. 50 multipliés par 152 donnent 7600°. Ainsi le carreau contenait 7600 unités à 3° de tension. Sous l'influence des 200 couples, l'électromètre marquait 15° 5 = 25° 5, et le rhéomètre 3°. Négligeant la fraction, j'avais donc 3 : 25,5 :: 7600 : 64600; on a donc 64600 unités statiques pour la totalité de l'électricité que possédait le carreau avec une

tension de 15° 5 équivalant à 25° 5 de forces. Cette quantité étant le produit d'un écoulement qui a donné 3° rhéométriques, pour ramener ces 3° à l'unité dynamique, il faut en prendre le tiers et le neuvième de 64600, puisque l'action de l'électricité statique est en raison du carré des indications du courant. Dans cette expérience un degré rhéométrique a donné 7177 degrés statiques. En prenant la moyenne de ces deux expériences, on a 7069 degrés statiques pour un degré d'électricité dynamique.

Le rapport entre les unités statiques et dynamiques une fois connu, il fallait estimer approximativement ce qu'il faut de zinc soumis à une action chimique pour produire, soit un degré à mon rhéomètre, soit un degré à mon électromètre. J'ai pris un fil de zinc pesant 76 milligrammes, je l'ai entouré d'une enveloppe de cuivre pour en faire un petit couple à la Wollaston, je l'ai uni à un rhéomètre à déviations proportionnelles de 108 tours, puis je n'ai immergé le bout que de 5 millimètres dans de l'eau commune, pour n'avoir que la quantité d'électricité que pouvait mesurer mon instrument. Je laissai marcher l'instrument 94 heures; à chaque 2 ou 3 heures, je notais la moyenne obtenue pendant ce temps, en additionnant les degrés de l'arc de la déviation au commencement de chaque station avec ceux de la fin, puis j'en prenais la moitié pour me donner une moyenne de ces 2 ou 3 heures. En augmentant peu à peu l'immersion, je maintins à peu près les mêmes moyennes, qui varièrent entre 65 et 70°; la moyenne générale de toutes les moyennes particulières fut de 68°. Je n'avais pas pris le rhéomètre de 3000 tours, parce qu'il eût été impossible qu'il ne fût pas projeté constamment

à son maximum de déviation, à 90°. Comme les tables des forces proportionnelles sont fort incertaines lorsqu'on arrive à des arcs trop étendus, je n'ai pu me servir de ce multiplicateur par trop sensible; j'en ai choisi un à déviations proportionnelles qui fût en rapport avec la quantité d'électricité produite, et qui fût comparable à mon grand multiplicateur. Un degré du rhéomètre proportionnel répond à 26° du grand galvanomètre, c'est-à-dire que chaque degré fait varier ce dernier de 26° ou 28°,8 de forces. Donc les 68° de déviation moyenne obtenue par le rhéomètre proportionnel, équivalent à 1958°,4 de déviation constante du rhéomètre à 3000 tours pendant les 94 heures.

Après l'expérience, le fil de zinc pesait 66 milligrammes; les balances dont je fais usage trébuchent à 1/10e de milligramme et s'inclinent à 1/20e; ainsi 10 milligrammes de zinc, en s'oxidant pendant 94 heures, ou 338400 secondes, ont produit un courant suffisant pour faire dévier pendant tout ce temps un rhéomètre, dont le premier degré nous sert d'unité, de 1958°,4. En prenant le milligramme de zinc pour unité, son oxidation aurait donné cette même déviation de 1958°,4 pendant 33,840 secondes. Maintenant, nous devons diviser le milligramme de zinc par 33840″ pour ramener ce qui s'oxide de zinc dans notre unité de temps. 1 milligramme divisé par 33840 donne $0^{mill.}$,00002955, c'est-à-dire, les deux mille neuf cent cinquante-cinq cent-millioniêmes d'un milligramme. Cette fraction est loin d'être descendue jusqu'à la limite dernière que mesurent nos instrumens; l'oxidation de $0^{mill.}$,00002955 a donné un courant équivalent à 1958°,4 de mon rhéomètre; pour connaître ce qu'il a fallu de zinc subissant l'action chimique

pendant une seconde pour produire un courant de 1°, il faut diviser cette fraction du milligramme par 1958°,4; ce qui donne 0$^{mill.}$,0000000151, ou cent cinquante et un dix-billionièmes de milligramme. Mais nous avons vu plus haut qu'un degré dynamique répondait à 7069° d'électricité statique, mesurée à mon électromètre; pour ramener la quantité de zinc qu'il faut oxider pour produire un degré d'électricité statique, il faut encore diviser cette fraction par 7069, ce qui donne 0$^{mill.}$,000000000002136; deux mille cent trente-six quatrillionièmes de milligramme de zinc suffisent par leur oxidation pour produire une électricité statique de 1° à mon électromètre. Lorsqu'on a l'habitude des expériences électriques, on sait qu'avec le plus de précautions on ne recueille encore qu'une faible portion de toute l'électricité produite, quelle que soit la proximité de la lame de cuivre enveloppant le zinc. J'ai la conviction que je n'ai recueilli de mon petit couple qu'un dixième de la quantité produite; ce qui porterait à deux mille cent trente-six dix-quatrillionièmes de milligramme la quantité de zinc qui a, par son changement d'état, produit une force électrique suffisante pour éloigner d'un degré une aiguille métallique longue d'un décimètre.

Lorsqu'on voit quelle petite quantité d'action chimique il faut pour produire un effet d'électricité statique notable, lorsqu'on pense que toute évaporation à la surface du globe est une action chimique, puisque toutes les eaux sont des dissolutions de sels plus ou moins chargées, on aurait lieu de s'étonner que les orages ne fussent pas plus fréquens et que la foudre ne sillonnât pas à chaque instant notre atmosphère. Mais si les causes de production sont nombreuses, celles de recomposition le

sont aussi ; l'air humide, les vents, les aspérités du globe, les forêts, les villes, tout ce qui offre des pointes, facilite cette récomposition, diminue sans interruption et partout à la fois les quantités statiques que les vapeurs emportent avec elles. Nous aurions pu faire encore une division plus étendue du milligramme de zinc, en mesurant ce qu'il en faut pour donner à chaque millimètre carré de notre carreau armé une unité d'électricité statique : mais ce ne serait qu'un sujet de pure curiosité ; car nous arriverions alors à des quantités dont nous ne pouvons plus nous former d'idée. Nous avons déjà vu que si l'oxidation d'un milligramme de zinc était atténuée au point de ne donner un courant constant que d'un degré, ce courant durerait deux ans trente-six jours onze heures cinquante-deux minutes quarante-cinq secondes. Pendant chaque seconde, il n'y aurait que la cent cinquante et une dix-billionième partie du milligramme de zinc qui serait oxidée. Le degré statique n'a besoin que de la deux mille cent trente-six quatrillionième partie du milligramme de zinc pour être produit ; et si l'on voulait indiquer la portion de zinc dont l'oxidation est nécessaire pour donner à un millimètre carré l'unité de tension, telle que la possède la feuille d'étain à ce degré de tension, on trouverait $0^{\text{mill.}}$, suivi de seize zéros et 183696, ou cent quatre-vingt-trois mille six cent quatre-vingt-seize dix-sextillionièmes de milligramme de zinc. Nous aurions pu aborder une autre question dans ce mémoire, c'est celle des quantités d'électricité dynamique nécessaires pour produire la décomposition de l'eau ou de toute autre substance ; mais comme cette question touche à l'affinité des corps, inconnue sur laquelle les premières données nous manquent, nous pré-

férons remettre cette question à un mémoire spécial dans lequel nous ferons connaître quelques faits nouveaux qui lèvent un peu le voile de cette inconnue, et nous faciliteront l'explication d'autres faits isolés, comme ceux de M. Schœnbein ; je n'ai pas voulu dans ce mémoire sortir des mesures directes que je m'étais proposé de rechercher. En électrochimie, on se renferme suivant moi dans un cercle vicieux, dans une vraie pétition de principes qui me paraît singulière. On conclut que la cause de la cohésion des corps est une quantité d'électricité égale à la quantité qu'il faut pour détruire et annihiler la cohésion ; que par cela seul qu'une quantité x de courant détruit l'affinité qui unit l'hydrogène à l'oxigène, par exemple ; ou encore, par cela seul qu'en détruisant cette affinité par un moyen quelconque, on reproduit la quantité x de courant, on en a conclu que cette quantité x entourait les atomes et constituait l'inconnue qui préside aux affinités chimiques, confondant ainsi les moyens employés pour annuler une force avec cette force elle-même. Sans doute, la quantité x de courant électrique a détruit l'affinité qui constituait en un gramme d'eau $0^{gr},111$ d'hydrogène et $0^{gr},889$ d'oxigène ; sans doute, en détruisant par d'autres voies cette affinité, on reproduit cette même quantité x d'électricité dynamique ; mais en conclure que cette quantité x d'électricité qui détruit l'affinité ou qui est produite par sa destruction est l'affinité elle-même, a toujours été une interprétation que je n'ai pu comprendre.

L'électricité par influence rentre complétement dans tout ce que nous venons de dire, et l'expérience montre qu'elle n'est pas davantage une polarité, dans le sens qu'on attache ordinairement à ce mot, comme

paraît le croire M. Faraday; mais qu'il y a un transport réel infiniment petit de la substance qui préside à cet ordre de phénomène, et qu'on y retrouve le même rapport entre le courant qui la fournit et la force de tension statique qui en résulte. Cette expérience est fort simple et peut être répétée par tout le monde. J'ai placé sur le conducteur d'une machine électrique un globe de carton recouvert de feuilles d'étain; ce globe a 25 centimètres de diamètre; en présence de ce globe, j'en plaçai un autre de 33 centimètres de diamètre reposant sur un isoloir. Ce dernier globe communiquait par un fil conducteur à une extrémité du fil de mon rhéomètre de 3000 tours. L'autre extrémité communiquait au sol humide; ainsi l'ensemble de l'appareil est formé d'un globe de 25 centimètres sur la machine; un second globe de 33 centimètres, placé à distance, prenant de l'électricité au sol par l'influence du premier globe; un galvanomètre placé entre le sol et le second globe, pour mesurer l'électricité qui y va ou qui en sort. En tournant le plateau de la machine, le globe qui est placé sur son conducteur prend de l'électricité positive, et l'autre globe prend par influence de l'électricité négative. L'action de l'électricité statique étant en raison inverse du carré de la distance, il était utile de savoir quel serait le rapport du courant qui fournirait cette électricité, à la tension statique qui en résulterait. Je plaçai donc le second globe à 25 millimètres du premier, puis à 5 centimètres, puis à 10 centimètres; à tension égale du premier globe, le courant fut simplement en raison inverse de l'éloignement, c'est-à-dire que j'eus 12° d'abord, puis 6°, puis 3°; tandis que la tension statique du second globe décroissait comme le carré de la distance. Ainsi

dans cette expérience, je retrouvai encore la raison simple dans le courant, et la raison du carré dans l'électricité statique qui en résultait. Elle coïncide avec les expériences précédentes, qui toutes convergent à démontrer que le phénomène d'électricité statique est le produit d'une substance ajoutée à ce qui existe déjà dans l'état d'équilibre, et non une simple polarité, c'est-à-dire une simple disposition particulière des atomes, sans nouvelle addition. Dans cette expérience on retrouve les mêmes rapports de quantités et d'actions entre les courans et la tension statique, et elle ajoute sa certitude à celle des premières expériences.

D'après ce qui précède, il faut ajouter au tableau que j'ai joint au commencement de ce mémoire les deux paragraphes suivans, l'un dans la colonne des phénomènes statiques, l'autre dans celle des phénomènes dynamiques.

ÉLECTRICITÉ STATIQUE.	ÉLECTRICITÉ DYNAMIQUE.
Si on arrête et coerce sur des surfaces des quantités d'électricité dont la propagation produisait un effet dynamique mesuré, on trouve que les effets statiques de ces quantités sont entre eux comme les carrés de leurs effets dynamiques.	Si on mesure le courant que produit l'écoulement de diverses quantités statiques coercées sur des surfaces, on trouve que ces courans sont entre eux comme les racines carrées des quantités statiques.

FIN DU TOME SOIXANTE-SEPTIÈME.

Jours.	9 heures du matin.			Midi.			3 heures du soir.			9 heures du soir.			Thermomètre.		ÉTAT DU CIEL A MIDI.	VENTS A MIDI.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Maxim.	Minim.		
1	759,87	+ 2,6		759,67	+ 4,2		759,36	+ 4,8		759,78	+ 2,8		+ 5,7	+ 0,8	Nuageux.	E. N. E.
2	758,11	+ 4,0		756,81	+ 4,8		755,25	+ 5,6		754,97	+ 3,6		+ 6,5	— 1,4	Serein.	N. N. E.
3	755,62	+ 5,4		755,24	+ 7,2		754,77	+ 7,0		755,54	+ 4,8		+ 7,9	— 1,6	Très nuageux.	N.
4	757,24	+ 5,4		757,28	+ 8,8		756,75	+10,9		758,09	+ 8,5		+11,8	— 1,2	Beau ciel.	N. O.
5	759,59	+10,1		758,89	+14,1		758,35	+14,7		758,52	+ 9,8		+14,7	+ 2,5	Nuageux.	N. O.
6	756,79	+ 8,8		755,79	+ 9,6		755,44	+10,6		755,09	+10,4		+11,4	+ 4,9	Petite pluie.	O. S. O.
7	752,51	+10,7		750,52	+11,2		747,83	+12,2		744,51	+ 9,0		+12,5	+ 9,5	Couvert.	S. O.
8	743,67	+ 9,4		743,20	+10,0		744,18	+ 9,8		746,98	+ 8,5		+10,8	+ 6,0	Couvert.	S. O.
9	751,74	+ 5,5		752,11	+ 9,5		755,20	+10,5		756,52	+ 7,8		+11,4	+ 4,7	Couvert.	O. N. O.
10	761,15	+ 8,8		760,95	+11,9		760,86	+14,1		762,20	+ 9,6		+14,7	+ 2,2	Beau ciel.	N. O.
11	762,98	+12,4		761,95	+16,1		760,51	+17,5		759,61	+12,4		+18,5	+ 5,2	Serein.	S. S. E.
12	760,55	+11,2		760,92	+11,2		760,42	+15,5		762,36	+ 8,3		+15,9	+ 6,9	Couvert.	N. N. O.
13	762,89	+ 8,0		762,21	+10,5		760,89	+10,8		759,59	+ 7,1		+11,5	+ 5,6	Très nuageux.	N. N. O.
14	756,08	+ 7,4		755,95	+ 8,9		755,64	+ 9,6		757,52	+ 7,2		+10,2	+ 5,2	Couvert.	N. E.
15	756,96	+ 9,6		755,71	+11,2		755,75	+11,8		752,44	+ 9,6		+12,5	+ 1,5	Couvert.	O.
16	752,36	+ 7,5		752,56	+ 7,9		751,95	+ 4,1		749,44	+ 4,2		+ 8,9	+ 5,3	Couvert, grésil.	O. N. O.
17	748,49	+ 5,0		748,80	+ 4,9		749,12	+ 6,1		749,81	+ 4,1		+ 6,7	+ 1,3	Grésil mêlé de neige.	O. N. O.
18	749,78	+ 4,1		749,75	+ 2,0		749,58	+ 3,4		750,69	+ 1,7		+ 4,6	+ 0,5	Couvert, neige.	O. N. O.
19	749,44	+ 5,2		748,95	+ 4,1		747,98	+ 6,4		748,48	+ 3,2		+ 6,8	+ 1,4	Couvert, pluie.	O.
20	749,74	+ 4,1		749,56	+ 5,4		748,75	+ 5,7		749,77	+ 2,2		+ 7,4	0,0	Couvert.	N.
21	750,08	+ 1,5		749,63	+ 6,2		748,81	+ 7,9		747,14	+ 3,3		+ 8,2	— 0,6	Couvert.	O.
22	740,61	+ 8,1		738,44	+10,8		737,75	+12,7		740,58	+ 6,2		+13,5	— 0,4	Vaporeux.	S. S. E. très fort.
23	742,25	+ 6,8		742,61	+ 8,9		742,86	+10,1		742,26	+ 5,0		+11,6	+ 5,1	Pluie.	S.
24	745,68	+ 9,9		744,28	+ 9,4		744,46	+ 8,1		745,78	+ 6,5		+11,8	+ 4,0	Couvert, pluie.	S. S. E.
25	747,59	+ 8,9		746,98	+12,0		746,64	+14,6		746,84	+10,5		+14,9	+ 4,6	Nuageux.	N. O.
26	748,24	+10,4		748,06	+12,8		747,63	+15,4		749,75	+10,5		+15,8	+ 7,0	Couvert.	N.
27	751,10	+ 5,8		751,17	+ 7,8		750,81	+ 8,8		750,78	+ 5,5		+ 9,7	+ 4,9	Couvert.	N.
28	747,36	+ 5,4		748,10	+ 6,6		748,04	+ 7,5		748,28	+ 5,1		+ 7,9	+ 3,7	Couvert.	N. N. E.
29	747,92	+ 5,5		748,48	+ 6,6		749,08	+ 7,5		751,56	+ 4,0		+ 2,7	+ 8,1	Nuageux.	N. N. O.
30	750,68	+ 9,8		750,18	+10,5		750,07	+11,0		750,67	+10,2		+12,4	+ 0,5	Couvert.	S. O.
1	755,61	+ 6,9		755,03	+ 9,1		754,60	+10,0		755,18	+ 7,4		+10,7	+ 2,6	Moyenne du 1er au 10.	Pluie en centimètres
2	754,97	+ 7,4		754,61	+ 8,2		753,85	+ 8,9		755,93	+ 6,0		+10,1	+ 2,5	Moyenne du 11 au 20.	Cour. 4,02
3	747,00	+ 7,2		746,80	+ 9,2		746,61	+10,3		747,54	+ 6,6		+10,8	+ 3,7	Moyenne du 21 au 30.	Terrasse . . . 5,30
	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	Moyennes du mois	+ 6,72

TABLE DES MATIÈRES.

FIN DE LA TABLE.



